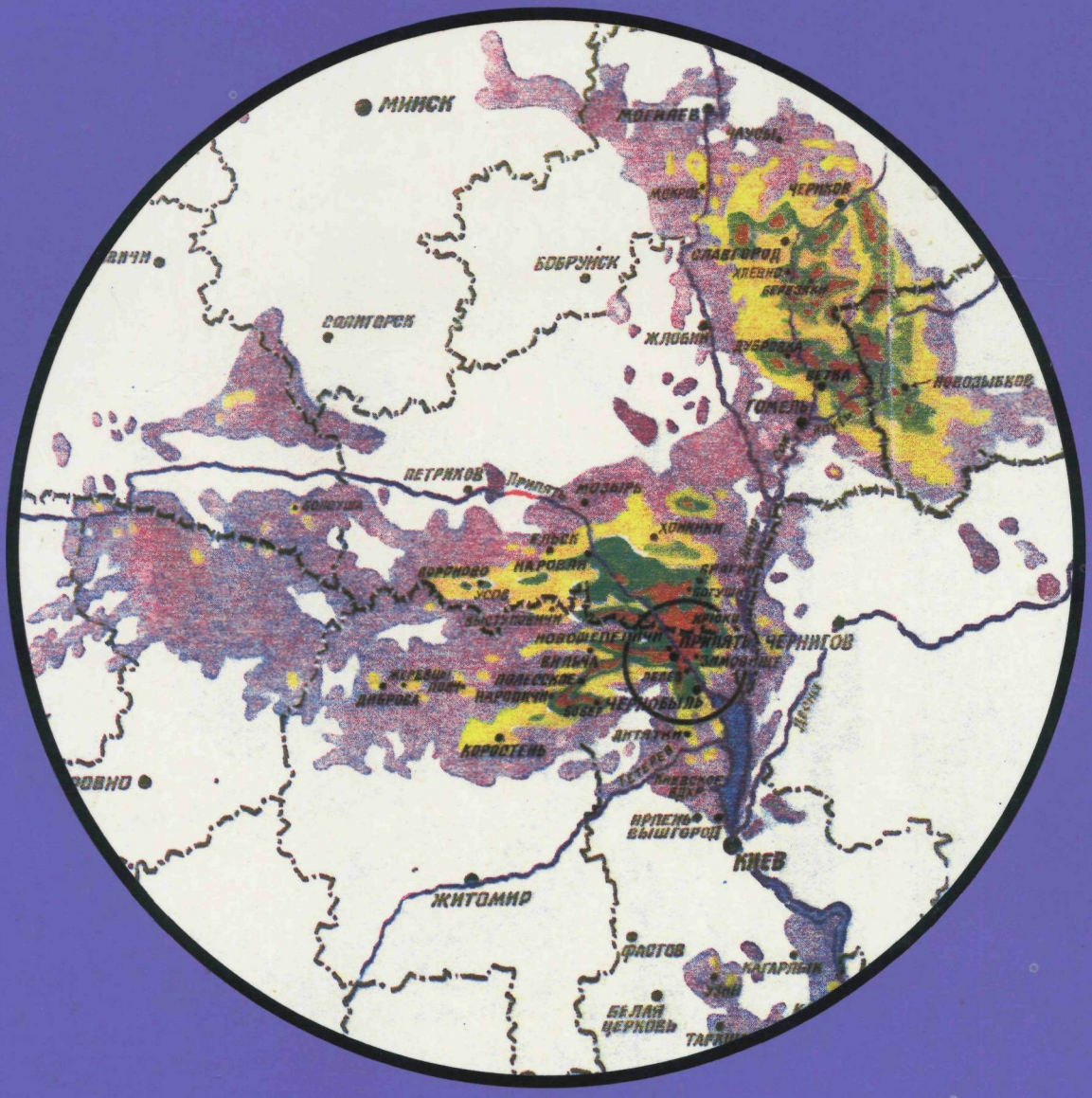
МЕЖДУНАРОДНЫЙ ЧЕРНОБЫЛЬСКИЙ ПРОЕКТ

ТЕХНИЧЕСКИЙ ДОКЛАД



ОЦЕНКА РАДИОЛОГИЧЕСКИХ ПОСЛЕДСТВИЙ
И ЗАЩИТНЫХ МЕР

ДОКЛАД МЕЖДУНАРОДНОГО КОНСУЛЬТАТИВНОГО КОМИТЕТА

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ЧЕРНОБЫЛЬСКИЙ ПРОЕКТ

ТЕХНИЧЕСКИЙ ДОКЛАД

Оценка радиологических последствий и защитных мер

Доклад Международного консультативного комитета

ISBN 92–0–400192–5
Напечатано МАГАТЭ в Вене
© IAEA, 1992

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ЧЕРНОБЫЛЬСКИЙ ПРОЕКТ

ТЕХНИЧЕСКИЙ ДОКЛАД

Оценка радиологических последствий и защитных мер

Доклад Международного консультативного комитета

Выражение признательности

Члены Международного консультативного комитета выражают свою признательность многочисленным участникам самых разных мероприятий, осуществленных в рамках Международного чернобыльского проекта: правительствам, учреждениям и организациям, сотрудникам которых было поручено участвовать в Проекте, а также многим отдельным лицам, которые не жалели собственного времени для выполнения этой важной работы. Выражаем признательность правительствам и коммерческим компаниям, предоставившим оборудование и материалы, без которых большая часть работы не могла бы быть осуществлена.

Центральная служба радиационной защиты Франции предоставила машину-фургон с установкой СИЧ, которая играла важную роль при обследовании населения для оценки доз, полученных от радионуклидов на все тело. Помимо этого, она выделила 12 000 пленочных дозиметров и взяла на себя проведение их анализа.

Лаборатория отбора проб окружающей среды в Нью-Йорке, США, выделила большую группу экспертов и необходимое оборудование для подробного изучения загрязнения окружающей среды в Новозыбкове.

Отдел безопасности и защиты от ионизирующих излучений Исследовательского центра в Юлихе, Германия, направил группу экспертов со специальным фургоном для измерения "горячих пятен" в различных районах.

Компания "Rad Elec Inc.", США, поставила несколько сот дозиметров для оценки доз внешнего гамма-облучения.

Невозможно было бы выполнить медицинскую работу на местах без помощи многих отдельных лиц, организаций и коммерческих компаний.

Следующие компании выделили основную часть медицинского оборудования и материалы:

Бектон и Дикинсон (наборы для радиоиммунологического анализа), Орангебург, Нью-Йорк, США;
Култер электроникс, Ниалла, штат Флорида, США; Париж, Франция;
Хитачи медикал, Токио, Япония;
Токсикологическая лаборатория штата Нью-Мексико, США;
Шляйхер и Шуелль инкорпорейтед, Кине, штат Нью-Гэмпшир, США;
Сименс медикал системс, Эрланген, Германия.

Трудно переоценить значение помощи и вклада многих органов как союзного, так и республиканского подчинения, а также многих ученых, экспертов, технических и административных работников, представителей общественности, которые с готовностью сотрудничали с группами экспертов, приезжавшими в рамках Проекта. Следует также поблагодарить всех жителей и местные власти, а также врачей, медицинских сестер и другой персонал больниц и поликлиник в населенных пунктах, в которых побывали группы экспертов-медиков.

Следует особо поблагодарить Секретариат МАГАТЭ, который преодолел многие трудности, неизбежно сопутствующие мероприятию такого масштаба.

Наконец, приносим извинения всем, кто здесь не был упомянут. Мы сердечно благодарим всех, кто внес свой вклад в эту работу.

Полный список участников Международного чернобыльского проекта содержится в конце Технического доклада.

Предисловие Председателя Международного консультативного комитета

Мне была оказана честь работать в качестве Председателя Международного консультативного комитета (МКК), членами которого являются видные эксперты в различных областях. Они были собраны вместе по инициативе разных участвующих организаций системы ООН и Комиссии Европейских Сообществ. МКК одобрил рабочий план Международного чернобыльского проекта, изложенного в настоящем Техническом докладе, и контролировал его выполнение. Цель данного Проекта состояла в изучении сложившейся радиационной обстановки и состояния здоровья населения в районах СССР, пострадавших от чернобыльской аварии, и в оценке мер по защите населения.

Перед МКК стояла очень сложная задача. Были неизбежные ограничения как во времени, так и в людских и финансовых ресурсах, необходимых для реализации Проекта. При осуществлении Проекта внимание было сконцентрировано на вопросах массового переселения людей и создания научно-обоснованной базы для принятия дальнейших решений.

Группы экспертов, работавшие в рамках Проекта, использовали свой коллективный опыт и знания, чтобы отделить факты от ошибочных суждений и воздействие радиации от воздействия факторов, не связанных с ней. При выполнении своих задач они получили и изучили большое количество данных для того, чтобы понять существующее положение и сделать выводы относительно дальнейших шагов, которые, возможно, придется предпринять для смягчения последствий чернобыльской аварии.

МКК намеревался провести независимое, научно обоснованное исследование и составить доступный по форме доклад, который мог бы помочь ответственным коллективным органам в принятии дальнейших решений. Только время покажет значение нашего вклада.

Хотел бы выразить глубокую благодарность всем, кто внес свой вклад в эту работу: членам Комитета, консультантам, руководителям работ по направлениям, руководителям групп экспертов и всем экспертам, которые приняли участие в Проекте, секретариату Проекта, а также многим должностным лицам в СССР, БССР, РСФСР и УССР, которые не пожалели своего времени и сил для оказания помощи в выполнении Проекта.

Ицузо Шигемацу
Фонд изучения радиационных последствий,
Хиросима, Япония

Примечание редактора

Части B–E настоящего Технического доклада содержат выводы Международного чернобыльского проекта, которые были подготовлены руководителями соответствующих рабочих групп. Часть Ж содержит выводы и рекомендации Международной консультативной группы в том виде, как они были одобрены на совещании в Вене в марте 1991 года. Другие Части текста были составлены секретариатом Проекта и отредактированы сотрудниками МАГАТЭ. Следует заметить, что изложенные в Проекте взгляды не обязательно отражают взгляды правительств и организаций, назначивших экспертов.

Использование конкретных обозначений стран или территорий не означает оценку издателя или отдельных авторов относительно юридического статуса таких стран или территорий, их компетентных органов или рекомендаций от имени издателя или отдельных авторов.

Хотя было уделено большое внимание точному изложению информации в Техническом докладе, ни издатель, ни отдельные авторы не берут на себя какую-либо ответственность за последствия, которые могут возникнуть при его использовании.

СОДЕРЖАНИЕ

Часть А. Введение 1

Часть Б. Общие понятия и терминология 21

Часть В. Картина исторических событий 81

Часть Г. Загрязнение окружающей среды 133

Часть Д. Радиационное облучение населения 241

Часть Е. Воздействие на здоровье населения 327

Часть Ж. Защитные меры 491

Часть З. Выводы и рекомендации 597

Приложение I. Данные об уровнях загрязнения цезием-137 и стронцием-90 613

Приложение II. Перечень вопросов, заданных международным экспертам 681

Список участников Международного чернобыльского проекта 695

Часть А
Введение

Содержание

1. Преамбула 3

2. Предпосылки 4

3. Обращение 7

4. Ответ на обращение 7

5. Международный чернобыльский проект 8
   - 5.1. Задачи и рамки Проекта 8
   - 5.2. Предварительные мероприятия 9
   - 5.3. Подготовительная поездка для сбора данных 10
   - 5.4. Международный консультативный комитет 12
   - 5.5. Осуществление Проекта 12
   - 5.6. Представление результатов 17
   - 5.7. Утверждение выводов. Заключительная встреча МКК 17
   - 5.8. Представление выводов 17

6. Ресурсы 18
   - 6.1. БССР, РСФСР, УССР и СССР 18
   - 6.2. Участие экспертов 18
   - 6.3. МАГАТЭ 18
   - 6.4. Другие источники 19

Литература 19

1. Преамбула

Авария на 4-ом блоке Чернобыльской атомной электростанции произошла 26 апреля 1986 года. В течение последующих месяцев и лет в Союзе Советских Социалистических Республик (СССР) была проделана беспрецедентная работа в области науки и техники по определению состава и количества выброшенных во время аварии радиоактивных веществ, а также по оценке последствий этого выброса и возможности их смягчения. Эта работа и ее результаты привели к принятию многочисленных административных и политических решений после аварии, которая повлияла и будет еще продолжать влиять на жизнь сотен тысяч людей, в том числе на их здоровье, образ жизни, сельскохозяйственную деятельность и социально-экономическое положение.

Принятые решения, нарушившие и, по сути дела, изменившие жизнь людей, получивших облучение от радиоактивных веществ, выброшенных во время аварии, вызвали озабоченность и неприятие этих решений. В связи с этим в октябре 1989 года правительство СССР обратилось в Международное агентство по атомной энергии (МАГАТЭ) с просьбой организовать и координировать оценку мероприятий, проведённых советскими властями в отношении населения, проживающего на радиационно-загрязнённых территориях, включая оценку предпринятых мер по защите их здоровья.

Для того чтобы выполнить эту просьбу СССР, потребовалось участие и содействие почти 200 учёных из 25 стран (включая СССР), а также Комиссии Европейских Сообществ (КЕС), Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН (ФАО), Международной организации труда (МОТ), Научного комитета ООН по действию атомной радиации (НКДАР ООН), Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) и самого МАГАТЭ.

Проект по радиологическим последствиям чернобыльской аварии в СССР: оценка воздействия на здоровье человека и окружающую среду и оценка защитных мер получил название Международного чернобыльского проекта (в дальнейшем именуемый "Проект").

Настоящий Технический доклад содержит данные об организации и осуществлении Проекта, дает его научное обоснование, описывает технические мероприятия и анализ, проведённые в рамках Проекта, а также подробно излагает выводы и рекомендации, сделанные на основании материалов Проекта. Технический Доклад — это один из трёх подготовленных докладов, к двум другим относятся Общий обзор и брошюра научно-технического характера, предназначенные для более широкой аудитории.

2. Предпосылки

Одним из главных последствий чернобыльской аварии явилось поверхностное загрязнение радионуклидами больших территорий прежде всего трёх республик СССР: Белорусской Советской Социалистической Республики (БССР), Российской Советской Федеративной Социалистической Республики (РСФСР) и Украинской Советской Социалистической Республики (УССР). Усилия, предпринятые после аварии различными органами власти для того, чтобы измерить, поставить под контроль и оценить последствия аварии, а также задействованные людские и материальные ресурсы, были, вероятно, крупнейшими за всю историю борьбы с экологическими катастрофами, вызванными деятельностью человека.

Сведения, имеющиеся в научной литературе, далеко не полностью отражают масштаб радиоактивного загрязнения; большое количество данных о радиологических последствиях аварии можно найти в материалах Всесоюзной конференции по медицинским аспектам чернобыльской аварии, организованной Министерством здравоохранения СССР и Всесоюзным научным центром радиационной медицины АМН СССР, которая была проведена в Киеве с 11 по 13 мая 1988 года [1]. На конференции было сообщено о масштабе воздействия аварии на население, экономику и окружающую среду за короткий период времени: 31 человек умер, более 100 000 человек эвакуированы, перемещены в другие районы тысячи голов домашнего скота, сильно загрязнены почва и леса.

Помимо этой информации, в открытой научной печати был опубликован доклад о моделях радиоактивного загрязнения и возможных последствиях аварии для здоровья человека [2].

К середине 1989 года всё большую озабоченность стали вызывать последствия аварии в более отдаленном времени, включая их влияние на здоровье и благосостояние людей, проживающих в загрязнённых районах за пределами зоны первоначальной эвакуации. Хотя в период с 1986 по 1989 гг. действовали критерии мер радиационной защиты, которые и определяли политику отселения, требовалось разработать новое руководство на более длительный период времени. Для того чтобы подготовить такое руководство, Национальная комиссия СССР по радиационной защите (НКРЗ) предложила "концепцию безопасного проживания" и рекомендовала принять предельную дозу облучения в течение 70 лет, равной 35 бэр (350 мЗв), которая бы определяла верхний допустимый уровень радиологических условий, при которых можно было бы продолжать жить без контрмер, принимаемых для обеспечения соответствующей безопасности в течение жизни.

Такой подход к критериям вмешательства при ликвидации радиологических последствий был сформулирован в докладе, представленном делегацией СССР на 38-й сессии НКДАР ООН [3]. Эта концепция была обсуждена на неофициальной встрече экспертов, организованной Секретариатом МАГАТЭ 12 мая 1989 года. Неофициальный отчёт об этой встрече был представлен на симпозиуме в Вене в ноябре 1989 года [4]. Данная рекомендация сразу же вызвала противоречивую реакцию. Среди других предложенных подходов была концепция "двух уровней" предельной дозы в течение жизни, а также концепция поверхностного загрязнения в качестве критерия как для отселения, так и для выплаты компенсаций.

Когда СССР обратился к международному сообществу за помощью и рекомендациями, между правительством СССР и правительствами республик существовали разногласия, а общественность выражала разные мнения, причем все это происходило в атмосфере страха, обеспокоенности, несогласия и протестов.

Правительство СССР обратилось за помощью по данной проблеме в ВОЗ. В июне 1989 года ВОЗ послала группу экспертов, которые пришли к следующим выводам [5]:

> "Правительство обратилось к группе экспертов с просьбой оценить концепцию дозы в 35 бэр (350 мЗв) в течение жизни в качестве предельной дозы после аварии. Эксперты пришли к выводу, что эта величина является результатом консервативной оценки и что опасность для здоровья при таком облучении очень незначительна по сравнению с другим риском, которому подвержен человек на протяжении жизни. Величина в 35 бэр (350 мЗв) основана на международных оценках опасности для здоровья от ионизирующего излучения. Это подтверждается длительными и широкомасштабными исследованиями в области эпидемиологии и радиобиологии, результаты которых были опубликованы.
>
> Эксперты полагают, что уровень дозы, а не уровень выпадения радиоактивных веществ на местность является соответствующим основным пределом, так как он представляет собой сумму доз от всех путей облучения и может

использоваться в послеаварийной обстановке по мере её изменения. Производные уровни могли бы практически применяться в конкретных местных условиях, но они не являются подходящими критериями для первоначального предела. Эксперты высказали мнение, что если бы к ним обратились с просьбой установить уровень дозы в течение жизни, они бы предложили величину другого порядка — в два или три раза больше чем 35 бэр (350 мЗв).

Во время встреч стало совершенно очевидно, что общественность и учёные, малознакомые с областью радиационной защиты, не понимают в полной мере используемые принципы. Например, они не проводят различия между пределами доз для населения во время нормальной эксплуатации и расчетными дозами и дозами в послеаварийный период, когда могут быть необходимы меры вмешательства. Это два разных случая, которым соответствуют различные уровни доз.

К тому же учёные, не имеющие достаточных знаний в области последствий облучения, объясняют разнообразные биологические и медицинские отклонения воздействием радиации. Эти отклонения нельзя объяснить за счет радиационного облучения, особенно когда нормальный уровень заболеваемости неизвестен, и наиболее вероятно, что они являются следствием воздействия психологических факторов и стресса. Тот факт, что эти отклонения объясняются воздействием радиации, не только способствует увеличению психологического давления и провоцирует дополнительное стрессовое воздействие на здоровье людей, но и подрывает веру в компетентность специалистов по радиационной безопасности. Это, в свою очередь, вызвает сомнения в правильности предложенных величин. Необходимо срочно рассмотреть возможность осуществления образовательной программы с целью преодоления этого недоверия; необходимо также убедить население, что общественность и учёные в смежных областях могут компетентно оценить предложения по защите населения.

К тому же, многие специалисты испытывают недостаток в информации. Эксперты с удовлетворением отмечают, что они имели доступ ко всей информации и что все данные были доступны советским учёным. Однако, принимая во внимание, что такой доступ не всегда был свободным, необходимо принять все меры, чтобы обеспечить его на регулярной основе; это можно, вероятно, осуществить через соответствующие Академии Наук и Академии Медицинских Наук в республиках.

Значительная озабоченность была высказана по поводу возможных синергических последствий облучения и других факторов воздействия на окружающую среду. Эксперты заявляют со всей определённостью, что при предложенном пределе дозы синергические последствия не могут иметь места.

Для того чтобы гарантировать, что доза в 35 бэр (350 мЗв) в течение жизни не будет превышаться, необходимо в обозримом будущем продолжить широкие дозиметрические измерения и расчёты.

Эксперты убеждены, что доза в 35 бэр (350 мЗв) в течение жизни является минимальной, при которой может рассматриваться вопрос об отселении людей; данная мера по ликвидации последствий должна учитывать местные условия, необходимые материальные затраты и индивидуальные особенности, и её не следует предпринимать при определённом уровне дозы при любых обстоятельствах.

Эксперты отмечают, что компонентом предельной дозы в течение жизни является доза облучения, полученная от загрязнённых пищевых продуктов; советские стандарты аналогичны уровням, принятым Комиссией Европейских Сообществ для свободной торговли продуктами питания, и ниже рекомендаций ВОЗ для загрязнённых пищевых продуктов. Также отмечалось, что ввоз и потребление незагрязнённых пищевых продуктов, если это реально, мог бы значительно понизить дозу, получаемую от продуктов питания. Обработка пищевых продуктов, фильтрация и другие меры помогают снизить уровень их загрязнения.

Эксперты высоко оценивают усилия советских людей и учёных по борьбе с последствиями трагедии в Чернобыле. Советские учёные, принимавшие участие в ликвидации последствий катастрофы, получили уникальный опыт борьбы с авариями и имеют редкую возможность оказать содействие другим странам в разработке ими планов действий в чрезвычайных ситуациях. Хотелось бы надеяться, что приобретённый опыт не будет забыт и что соответствующие организации, чьи программы направлены на разработку чрезвычайных мер, воспользуются им".

Группа экспертов из Лиги Обществ Красного Креста и Красного Полумесяца также посетила СССР в начале 1990 года. Их доклад содержал следующие положения [6]:

"После аварии на Чернобыльской АЭС в 1986 году из 30-километровой зоны вокруг

станции было эвакуировано около 100 000 человек. В июле 1989 года было принято решение, что в районах, где доза облучения превышает 35 бэр на человека, необходимо проводить дальнейшее отселение в течение последующих трёх лет. Речь идёт об отселении ещё 100 000 человек.

Если бы доза облучения являлась единственным критерием для отселения, то в ряде загрязнённых районов можно было бы продолжать жить при условии, что не превышается уровень загрязнения пищевых продуктов. Однако, у нас создалось впечатление, что в действительности огромное количество всяческих запретов делают жизнь всех проживающих здесь людей, занятых в сельском хозяйстве, практически невозможной в таких условиях. Поэтому, в соответствии с хорошо известными принципами радиационной защиты, показания для отселения людей должны включать рассмотрение социальных и экономических условий наряду с радиационной обстановкой.

Мы полагаем, что многие проблемы здоровья населения, о которых имелась информация и которые, по мнению общественности и некоторых врачей, являлись последствиями облучения, на самом деле не были связаны с облучением. Недостаточно внимания было уделено таким факторам, как повышение качества диспансеризации населения, изменения в образе жизни и рационе питания. В особенности психологический стресс и озабоченность, вполне понятные в сложившейся ситуации, вызывают соматические симптомы и различным образом воздействуют на здоровье. Мы полагаем, что необходима более объективная информация, чтобы устранить многочисленные опасения населения.

Советское Общество Красного Креста принимало активное участие в оказании помощи населению, пострадавшему от чернобыльской аварии, и намерено продолжать оказывать ему медицинскую помощь, а также способствовать улучшению условий жизни людей, которых уже переселили, и тех, кому ещё предстоит отселение. По нашему мнению, существуют различные пути оказания сотрудниками Красного Креста дополнительной помощи населению,проживающему на загрязнённых территориях, при условии определённой помощи со стороны Лиги. Вкратце, речь идёт о следующих мерах: обеспечение людей, непосредственно пострадавших от аварии, достоверной информацией; проведение консультаций специалистами с целью решить психологические проблемы значительной части населения в пострадавших районах; обеспечение сотрудников Красного Креста счётчиками Гейгера, чтобы устранить многочисленные опасения населения в загрязнённых районах.

Мы также считаем, что следует всячески способствовать более тесному сотрудничеству учёных внутри СССР и за его пределами и что следует устанавливать более тесные связи между организациями, которые проявляют интерес к данной области.

Мы считаем необходимым добавить, что национальные организации других стран могут лучше разработать планы чрезвычайных мер во время аварий типа чернобыльской, если воспользуются опытом советского Красного Креста. И последнее. Становится всё более очевидно, что многие крупномасштабные аварии вызывают реакцию, в значительной степени обусловленную стрессом, поэтому мы рекомендуем всем организациям Красного Креста рассмотреть способы оптимального реагирования на психологические последствия аварий".

3. Обращение

В письме от 6 декабря 1989 года на имя Генерального директора МАГАТЭ правительство СССР официально обратилось в Агентство с просьбой взять на себя функцию организатора и координатора проведения "международной экспертизы разработанной в СССР концепции безопасного проживания населения на территориях, подвергшихся радиоактивному загрязнению в результате аварии на Чернобыльской АЭС, и оценки эффективности мероприятий по охране здоровья населения, проводимых в этих районах".

Из документа ясно, что в обращении ставились две цели:

- проанализировать результаты оценки радиационной обстановки в районах радиоактивного загрязнения;
- оценить критерии, которые были выработаны для обеспечения безопасного проживания в этих районах.

Здесь подразумевалась и ещё одна вытекающая из вышеизложенного цель: дать рекомендации правительству СССР по вопросу необходимости принятия дополнительных защитных мер, особенно мер, нарушающих привычные условия жизни населения, таких, как отселение, для обеспечения условий его безопасного проживания в загрязнённых районах.

Важно понять, что в обращении не предполагалось проведение оценки состояния здоровья и условий жизни людей, которые, возможно, испытали воздействие аварии, но были эвакуированы из загрязнённых районов и более там не проживают. В нём также не было просьбы о проведении оценки состояния здоровья и условий жизни "ликвидаторов". (Этот термин используется для обозначения людей, которые первыми участвовали в ликвидации последствий аварии, включая участников тушения пожара, локализации аварии, захоронения разрушенного реактора, и тех, кто принимал участие в дезактивации и восстановительных работах с целью уменьшения вероятности дальнейшего воздействия последствий аварии на окружающую среду.)

4. Ответ на обращение

Ответ содержал предложение о создании многонациональной группы для проведения оценки радиационной обстановки в трёх пострадавших от аварии советских республиках — БССР, РСФСР и УССР. Таким образом был создан Международный чернобыльский проект при участии КЕС, ФАО, МОТ, НКДАР ООН, ВОЗ и ВМО.

Было очевидно, что уже были предприняты широкомасштабные усилия по оценке последствий аварии в Чернобыле и что в рамках Проекта нет необходимости проводить заново всестороннюю оценку. Скорее, задача будет заключаться в оценке качества и правильности имеющихся результатов. Во-вторых, для успешной координации работы в рамках Проекта основное внимание при международной оценке должно быть уделено ключевым вопросам, вызывающим озабоченность населения и лиц, принимающих решения, а именно: истинные масштабы загрязнения территории, дозы облучения, которые население получило, получает в настоящее время и может получить в будущем; фактические и потенциальные последствия облучения для здоровья; эффективность мер для защиты населения.

5. Международный чернобыльский проект

5.1. Задачи и рамки Проекта

Международный чернобыльский проект не планировался как необычайно тщательное, всеобъемлющее и долговременное исследование. Не планировалось также хоть в чём-то повторять уже проведенные широкомасштабные оценки загрязнения окружающей среды, облучения населения и возможного его воздействия на здоровье после аварии. Идея заключалась в том, чтобы многопрофильная группа международных экспертов критически изучила представленную обширную информацию, рассмотрела ключевые вопросы и дала чёткое описание ситуации.

Иначе говоря, в задачи Проекта входило рассмотрение и оценка радиационной ситуации и состояния здоровья населения в районах СССР, пострадавших от аварии на Чернобыльской АЭС, а также оценка мер, принимаемых по защите населения.

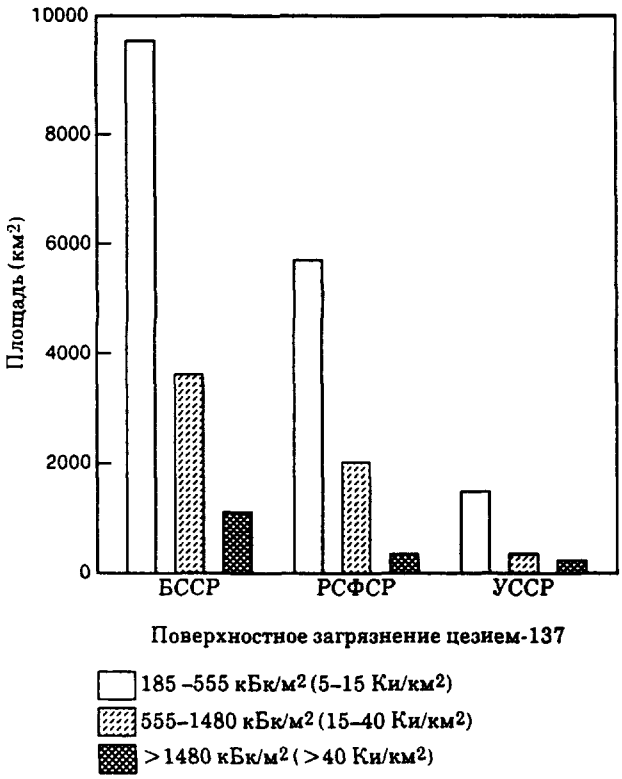


Рис. 1. Географические рамки Проекта. Во время проведения международной оценки основное внимание было уделено территориям площадью примерно 25 000 км² в БССР, РСФСР и УССР, где по официальным данным уровень поверхностного загрязнения цезием превышал 5 Ки/км² (185 кБк/м²), и особенно тем районам, где уровень загрязнения был выше 40 Ки/км² (1480 кБк/м²). При оценке не рассматривалась территория запретной зоны (радиус 30 км) вокруг Чернобыльской АЭС. [Док. A/45/342 E/1990/102, Экономический и социальный совет ООН, Женева, 9 июля 1990 г.]



Рис. 2. Демографические рамки Проекта. Во время проведения международной оценки рассматривались радиологические последствия для примерно 825 000 человек, проживающих в 2225 населенных пунктах БССР, РСФСР и УССР. Не рассматривалось население, ранее проживавшее и переселенное из загрязненных районов. В рамках Проекта не рассматривались также возможные последствия облучения для "ликвидаторов", т. е. рабочих и служащих, подвергшихся облучению при выполнении восстановительных работ на Чернобыльской АЭС. [Док. A/45/342 E/1990/102, Экономический и социальный совет ООН, Женева, 9 июля 1990 г.]

По официальным данным, в СССР зарегистрировано тринадцать районов, где уровень поверхностного загрязнения цезием-137 превышает 1 Ки/км² (37 кБк/м²)[1]. Территории площадью около 25 000 км² считаются пострадав-

[1] Международная система единиц СИ широко используется во всем мире. Однако в СССР все еще используются старые единицы, поэтому в первоначальных данных обычно использовались старые единицы. В Техническом докладе данные представлены в обеих системах.

шими районами с уровнем поверхностного загрязнения цезием-137, превышающим 5 Ки/км^2 (185 кБк/м^2). Из общего числа территорий около 14 600 км^2 находятся в БССР, 8100 км^2 — в РСФСР и 2100 км^2 — в УССР. Эти пострадавшие территории и являлись объектом рассмотрения Проекта. В задачу Проекта не входило изучение запретной зоны (радиусом около 30 км) вокруг поврежденного реактора; исключение составило описание мер, принятых для локализации аварии сразу после ее начала. Когда в 1990 году начали проводить оценку, Проект рассматривал лишь последствия облучения людей, проживавших на пострадавших территориях. По официальным советским данным это население составляет приблизительно 825 000 человек, из которых 45% проживали в БССР, 24% — в РСФСР и 31% — в УССР (рис. 1 и 2 показывают географические и демографические рамки Проекта).

5.2. Предварительные мероприятия

После обращения советского правительства в МАГАТЭ с просьбой о проведении международной оценки была проведена предварительная встреча представителей компетентных органов СССР и представителей МАГАТЭ для обсуждения задач Проекта, имеющего целью провести необходимую оценку. Встреча была проведена в Министерстве атомной энергетики и промышленности СССР в Москве с 7 по 9 февраля 1990 года. По просьбе трёх заинтересованных стран-членов МАГАТЭ: БССР, УССР и СССР во встрече приняли участие представители организаций, участвующих в Проекте.

Участники встречи рассмотрели проект предложений по осуществлению Проекта, подготовленный Секретариатом МАГАТЭ. В целом, предложенный Проект получил высокую оценку участников, хотя со стороны МАГАТЭ и было

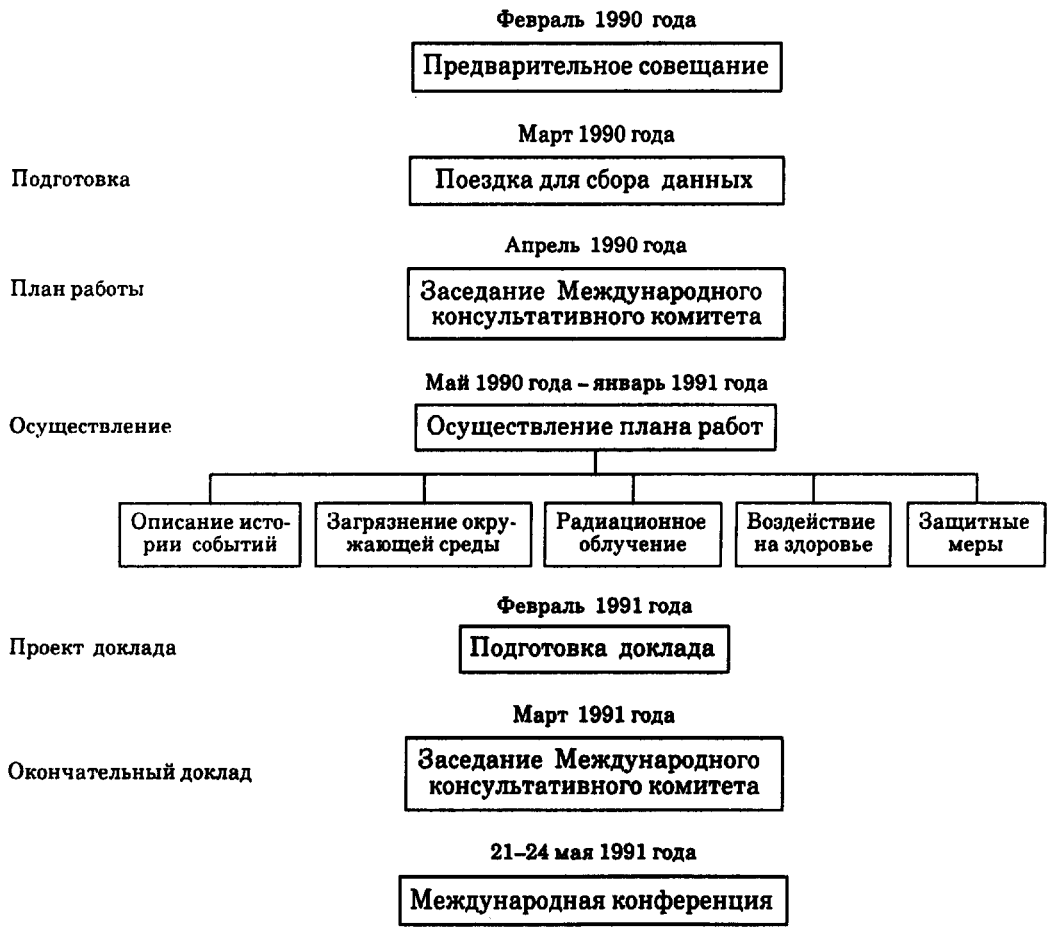


Рис. 3. Международный чернобыльский проект. Проект начал осуществляться в ответ на обращение советского правительства с просьбой о проведении международной оценки радиологических последствий аварии на Чернобыльской АЭС. Деятельность международных экспертов координировалась МКК; в работе приняли участие КЕС, ФАО, МАГАТЭ, МОТ, НКДАР ООН, ВОЗ, ВМО. Пять задач определяли осуществление Проекта: восстановление событий, которые привели к нынешней радиологической обстановке; оценка радиоактивного загрязнения окружающей среды; оценка облучения населения; оценка воздействия на здоровье и возможные клинические последствия облучения; оценка защитных мер

необходимо принять дополнительные меры, в частности они касались подготовки рекомендаций в отношении уровней вмешательства и контрмер.

На встрече были достигнуты договоренности по ряду вопросов, а именно:

- Основное внимание будет уделено научному характеру Проекта, а не информации для общественности.
- Конечной целью Проекта должна быть оценка эффективности мер, предпринятых в загрязнённых районах для защиты здоровья населения; это обстоятельство было особо подчёркнуто представителями Академии Медицинских Наук СССР и Национальной комиссии СССР по радиационнй защите.
- Проект не будет ограничиваться оценкой доз с использованием стандартизированных факторов переноса, а скорее будет включать оценку правильности самих факторов (например, путём прямых измерений в загрязнённых районах).
- Осуществление Проекта будет подразделяться на определённые этапы (см. рис.3).

Подготовительная поездка для сбора данных. Ряд экспертов, включая как независимых экспертов, так и экспертов из различных международных организаций и КЕС, предпримут предварительную поездку в выбранные населённые пункты БССР, РСФСР и УССР.

Международный консультативный комитет. Будет создан Международный консультативный комитет для разработки, одобрения и контроля за осуществлением рабочего плана.

Осуществление рабочего плана. Для осуществления рабочего плана Проекта в БССР, РСФСР и УССР будут направлены группы учёных-экспертов.

Представление результатов. Различные международные группы учёных-экспертов подготовят проект Доклада для его рассмотрения МКК.

Одобрение выводов. Проект Доклада (включая выводы и рекомендации) будет рассмотрен и утверждён МКК.

Представление выводов. Все собранные данные, а также выводы и рекомендации будут представлены для изучения и обсуждения заинтересованным компетентным органам и международной конференции экспертов. После этого данные материалы будут предоставлены общественности в БССР, РСФСР, УССР, а также СССР.

5.3. Подготовительная поездка для сбора данных

После того, как на предварительной встрече в Москве были достигнуты договоренности, немедленно началась реализация первого этапа Проекта. Международная группа экспертов посетила пострадавшие районы в БССР, РСФСР и УССР с подготовительной миссией с 25 по 30 марта 1990 года, чтобы определить основные проблемы, которые потребуют рассмотрения во время оценки, проводимой в рамках Проекта. Среди участников подготовительной миссии были специалисты по радиационной медицине и радиологии, радиационной защите, радиационной дозиметрии, радиоэкологии, по технологии переработки пищевых продуктов и психологии. Некоторые их этих экспертов представляли ВОЗ, ФАО и КЕС.

Перед подготовительной миссией стояло три задачи:

- определить основные проблемы, которые необходимо рассмотреть при оценке;
- подготовить рекомендации по масштабу и рамкам Проекта;
- обсудить Проект с населением пострадавших районов.

Участники подготовительной миссии посетили семь населённых пунктов, выбранных компетентными органами трёх пострадавших республик:

- в БССР: Брагин, Корма и Веприн;
- в РСФСР: Новозыбков и Злынка;
- в УССР: Овруч и Полесское.

В дополнение к этому были проведены технические встречи в Гомеле (БССР), Киеве (УССР) и Москве. Эти встречи дали возможность участникам провести наблюдения в пострадавших районах, узнать, какие вопросы волнуют местное население, и понять, какого рода данные и в каком объёме были собраны на республиканском уровне в БССР, РСФСР и УССР за предыдущие четыре года.

Общие наблюдения, сделанные в ходе подготовительной миссии, можно подразделить на три следующие группы.

(1) *Доступная информация.* Во время этой подготовительной миссии собирались данные по медицине, радиологии, окружающей среде и сельскому хозяйству. Некоторая научная и техническая информация, относящаяся к чернобыльской аварии, уже имелась в научной литературе. Сведения о радиологических последствиях были представлены на Всесо-

южной конференции по медицинским аспектам чернобыльской аварии, организованной Министерством здравоохранения СССР и Всесоюзным научным центром радиационной медицины АМН СССР, которая была проведена в Киеве с 11 по 13 мая 1988 года. (МАГАТЭ опубликовало неотредактированные материалы этой конференции [1]. Кроме этого, в научной литературе появилась статья, посвящённая моделям радиоактивного загрязнения и возможным последствиям аварии для здоровья [2]). Однако, было очевидно, что большая часть этой информации ранее не являлась доступной.

(2) *Загрязнение населённых районов.* Были рассмотрены и оценены ранее неизвестные данные по радиационной обстановке, достигнуто более глубокое понимание географических рамок пострадавших районов и уровней их загрязнения. Тринадцать районов в трёх республиках, по официальным данным, имеют уровень загрязнения цезием-137, превышающий 1 Ки/км^2 (37 кБк/м^2). Как уже отмечалось, территория площадью около 25 000 км^2 имеет уровень поверхностного загрязнения цезием-137, превышающий 5 Ки/км^2 (185 кБк/м^2). Из этих территорий около 8000 км^2 имеют уровень загрязнения цезием-137 свыше 15 Ки/км^2 (555 кБк/м^2) и приблизительно 1700 км^2 — уровень загрязнения свыше 40 Ки/км^2 (1480 кБк/м^2).

(3) *Обеспокоенность населения.* Именно во время встреч с людьми в СССР, начиная с первого приветствия в аэропорту Киева и до последнего вопроса, заданного в переполненном городском зале, стали понятны важность и сложность задачи. Планы осуществления Проекта были представлены жителям семи населённых пунктов в трёх республиках, которым предложили выразить к нему своё отношение и задавать вопросы, а учёные отвечали на то, что волновало людей. Во всех указанных семи населённых пунктах на встречах присутствовало большое число людей, включая и представителей местных властей. Население выражало обеспокоенность по следующим вопросам:

(a) Вопросы здоровья, особенно своих детей; полученные дозы облучения и те, которые будут получены; оценка радиационных последствий аварии и их воздействие на условия жизни в загрязнённых районах в будущем. Озабоченность усиливалась сообщениями средств массовой информации об участившихся случаях различных заболеваний, о чём говорили и местные врачи.

(b) Адекватность предложенных правительством мер по ограничению доз облучения в течение жизни людей и их детей.

(c) Независимость Проекта. Вопросы, задаваемые в отношении независимости Проекта, указывали на в значительной мере имеющееся недоверие к представителям власти, особенно к тем, кто связан с программами в атомной промышленности, а также к ученым и медицинским работникам. Люди выражали обеспокоенность, что собранные в докладе данные будут подвергнуты цензуре на уровне центральных властей в Москве. Другой вопрос, вызывавший обеспокоенность, был связан с тем, будут ли выводы Проекта доступны широкой общественности. Местному руководству был роздан доклад МАГАТЭ, посвящённый аварии в Гоянии [7] (на русском языке), для того чтобы показать, как будут изданы выводы Проекта. Вопросы, заданные во время встреч с населением в семи населённых пунктах, приведены в Приложении к данному Техническому докладу.

В результате собранной информации, сделанных наблюдений и полученных впечатлений участники подготовительной миссии предложили два способа действий:

(1) разработать рабочий план, устанавливающий рамки проведения технической и научной оценки, который явится основой ответа на обращение СССР;

(2) предпринять как можно быстрее ряд кратковременных мер с целью углубления понимания ситуации в области медицины и окружающей среды.

Кроме того, участники подготовительной миссии предложили, чтобы рабочий план уделил особое внимание четырём видам деятельности, которые явятся основой оценки в рамках Проекта достоверности информации, представленной правительством СССР:

- измерение загрязнения окружающей среды;
- оценка доз облучения, которые население получило, получает в настоящее время и, возможно, получит в будущем;
- выводы о фактическом воздействии облучения на здоровье и оценка потенциальных последствий облучения;
- оценка защитных мер, предпринятых и предложенных для защиты здоровья населения.

5.4. Международный консультативный комитет

МКК был создан для проведения оценки в четырёх предложенных областях осуществления контроля в рамках Проекта и как орган, ответственный за собранные данные и их представление. МКК состоял из 19 учёных и врачей, приглашённых из университетов и научных институтов, из организаций, входящих в систему ООН, и из КЕС. Члены комитета представляли различные области знаний. Среди них были социологи и технические специалисты по клинической медицине, радиационной патанатомии, радиационной защите, оценке доз облучения, измерениям и анализам состояния окружающей среды, психологии, эпидемиологии и общественному здравоохранению.

Председателем МКК являлся д-р И. Шигемацу, директор Фонда изучения радиационных последствий в Хиросиме, Япония. Члены комитета с 23 по 27 апреля 1990 года провели встречи в Киеве, а затем в Минске. Рассмотрев проделанную подготовительную работу и данные, полученные подготовительной миссией, и внеся необходимые изменения, члены МКК одобрили четыре ключевые области деятельности для включения их в утверждённый ранее рабочий план, а также утвердили мероприятия на ближайшее время. Эти четыре основные области деятельности впоследствии стали основой рабочего плана.

Научная база исследования была с самого начала определена в соответствии с рекомендациями международных организаций, таких, как КЕС, ФАО, МАГАТЭ, Международная комиссия по радиологической защите (МКРЗ), МОТ, Агентство по ядерной энергии Организации экономического сотрудничества и развития (АЯЭ/ОЭСР) и ВОЗ.

5.5. Осуществление Проекта

5.5.1. Рабочий план

Принятый рабочий план предусматривал оценку правильности применяемых официальных методов и данных, их независимую проверку путём проведения полевых исследований, отбора и анализа проб, а также использования принятых во всём мире техники и методов расчётов. Планируется также подготовка документа, включающего описание основных событий после аварии, что будет способствовать более глубокому пониманию сложности обстановки и взаимозависимого характера целей Проекта.

Работа охватывала пять областей или задач:

Задача 1. Сбор фактических данных о событиях, приведших к нынешней радиологической обстановке.
Задача 2. Оценка официальных данных о загрязнении окружающей среды.
Задача 3. Оценка официальных данных о дозах облучения.
Задача 4. Оценка состояния здоровья населения и возможного воздействия на него в результате облучения.
Задача 5. Оценка мер защиты.

Деятельность МКК по разработке рабочего плана с целью выполнения указанных задач была ограничена рядом факторов:

Время, прошедшее после аварии. Тот факт, что осуществление Проекта должно было начаться через четыре года после аварии, сделало невозможным проведение какой-либо независимой оценки радиационной обстановки непосредственно после аварии. (В тот период обстановка, предположительно, определялась наличием короткоживущих радиоизотопов, среди которых наиболее важную роль играли изотопы йода.) По этой причине, а также из-за сравнительно небольшого числа документальных данных о принятых мерах защиты и их эффективности любая оценка радиологической обстановки в тот период неизбежно будет сводиться в основном к оценке аналитических методов, которые были использованы, с помощью имеющихся данных.

Время, отведённое на осуществление проекта. Правительства СССР, БССР, РСФСР и УССР, соответствующие Академии Наук, врачи, учёные и население пострадавших районов были заинтересованы в скорейшем получении результатов Проекта. Выводов ожидали с большим нетерпением, а рекомендации по таким вопросам, как концепция безопасного проживания, требовались немедленно. Поэтому задача состояла в том, чтобы завершить полевые измерения в 1990 году и подготовить проект Доклада к январю 1991 года.

Рамки Проекта. Загрязнённые территории были обширными, на них проживали сотни тысяч человек, поэтому всеобъемлющая оценка всех измерений загрязнения окружающей среды, доз облучения и связанных с облучением воздействий на здоровье населения не представлялась возможной или осуществимой.

Данные. Данные, представленные для осуществления Проекта, имели ряд ограничений: большинство предоставленных данных были получены в статистическом виде и в основном

содержали усреднённые показатели; в большинстве случаев погрешности измерений не были включены в представленные данные; было представлено лишь незначительное количество необработанных данных и подробных карт загрязнённых районов, хотя предполагалось, что они существуют; данные были в основном в виде таблиц, а не в компьютерных файлах, что ограничивало возможность их дальнейшей обработки; большинство данных (включая географические названия и названия таблиц), а также описания методологий были получены в оригинальном виде — на русском языке, что потребовало перевода и замедлило работу.

Ресурсы. Имевшиеся людские ресурсы зависели от великодушия отдельных лиц и организаций. Материальные ресурсы выделялись в основном правительствами БССР, УССР и СССР; эти ресурсы были ограниченными.

Перечисленные выше ограничения исключали возможность проведения независимой всеобъемлющей оценки загрязнения окружающей среды, уровня облучения и расчёта доз, а также состояния здоровья населения, проживающего на загрязнённых территориях трёх республик. В то же время полагаться исключительно на информацию, приведённую в многочисленных оценках различных советских организаций, означало бы отказаться от преимуществ независимой международной оценки.

5.5.2. Краткосрочные мероприятия

Одновременно принималось во внимание стремление населения, проживающего в загрязнённых районах, получить практические рекомендации по оптимальным мерам в сложившейся радиологической обстановке. Специалисты-участники Проекта пришли к выводу, что население загрязнённых районов плохо понимает научные принципы радиации и её воздействия (это же можно сказать и о населении во всех странах мира), и это предопределяло появление многих медицинских и социальных проблем. Поэтому, наряду с основными задачами Проекта, был проведён ряд мероприятий по обмену информацией с целью повышения уровня понимания существующих проблем местными специалистами.

Были определены три краткосрочных мероприятия, которые могли бы быть проведены сравнительно быстро и без особых сложностей и которые способствовали бы более глубокому пониманию представителями медицины, науки и техники вопросов, связанных с радиацией. Целью первого мероприятия было обеспечить более компетентное понимание медицинскими работниками в БССР, РСФСР и УССР последствий облучения. Второе мероприятие имело целью способствовать пониманию контрмер, применяемых в сельском хозяйстве для смягчения последствий аварии, особенно при решении проблем переноса цезия из почвы в пищевые продукты. Третье мероприятие было направлено на лучшее понимание жителями загрязнённых районов вопросов радиоэкологии.

5.5.3. Осуществление рабочего плана

Проект осуществлялся при чёткой координации действий многопрофильной группы экспертов, состоявшей примерно из 200 человек, представлявших 25 стран (включая СССР) и семь межправительственных организаций. Эксперты были объединены в пять групп, каждая из которых отвечала за проверку данных и проведение оценок, относящихся к одной из пяти задач, сформулированных ранее. С апреля по декабрь 1990 года эксперты предприняли около 50 самостоятельных поездок в БССР, РСФСР и УССР. В Приложении к Техническому докладу приводится список учёных, принимавших участие в осуществлении рабочего плана, и организаций, которые они представляли.

Организации многих стран мира добровольно предложили приборы, материально-техническое обеспечение, а также возможность использования их компьютеров, что внесло существенный вклад в осуществление Проекта.

Подробное описание использованных методов и осуществления рабочего плана различными группами содержится в других разделах Технического доклада. Каждая задача осуществлялась несколькими экспертами, которые участвовали в одном или ряде исследований с выездом на места, а общее руководство такой группой осуществлял её руководитель.

В сотрудничестве с местными компетентными органами группы экспертов, работавшие в рамках Проекта, выбрали ряд населённых пунктов в соответствующих загрязнённых районах для проведения необходимых обследований. Некоторые населённые пункты находились в районах с относительно высоким уровнем поверхностного загрязнения почвы; другие были расположены в районах с относительно низким уровнем поверхностного загрязнения почвы, однако там имелась потенциальная возможность получения населением высоких доз облучения. В данном Техническом докладе эти населённые пункты называются обследованные загрязнённые населённые пункты.

За пределами загрязнённых районов также был выбран ряд населённых пунктов, чтобы

использовать их в целях сравнения. Эти населённые пункты называются обследованные контрольные населённые пункты.

Обследованные загрязненные населённые пункты были следующие:

Брагин	Народичи
Веприн	Новое Место
Гдень	Новозыбков
Гомель	Новые Бобовичи
Далета	Овруч
Жатка	Полесское
Злынка	Ракитное
Комарин	Савенки
Корма	Савичи
Корчевка	Святск
Маложин	Словечно
Микуличи	Старое Васильково
Мильча	Старые Бобовичи
Мичульня	Хойники

Обследованные контрольные населённые пункты были следующие:

Кировск	Унеча
Красиловка	Ходосы
Сураж	Чемер
Троковичи	

Не все населённые пункты были обследованы при выполнении каждой из задач в рамках Проекта.

Необходимо отметить, что населённые пункты были выбраны для тщательного обследования не с тем, чтобы получить данные о самых тяжёлых случаях поражения, а с целью получения независимых проб, данные о которых можно было бы сравнить с представленными данными. Цель обследования указанных населённых пунктов заключалась в получении подтверждения правильности оценок, проведённых компетентными органами на местах и, если возможно, подтвердить их результаты.

Далее приводится краткое описание деятельности каждой из групп по выполнению задач.

Задача 1: Историческое описание событий, приведших к нынешней радиационной обстановке (см. Часть В)

Группы экспертов в рамках Проекта посетили около 40 организаций в БССР, УССР и СССР, которые принимали участие в ликвидации последствий чернобыльской аварии и в последующих мероприятиях по смягчению последствий и их оценке. На основании собранной ими информации и анализа зарубежной литературы эксперты подготовили документ, отражающий их понимание событий, приведших к существующей радиационной обстановке. В нём рассматривается авария и её непосредственное воздействие на персонал аварийных служб; меры по эвакуации, дезактивации и обращению с радиоактивными отходами, которые были приняты с целью защиты здоровья населения и окружающей среды; социальные, экономические и политические факторы. Часть В содержит информацию, необходимую для понимания аналитических сведений, полученных в рамках Проекта.

Задача 2: Изучение оценок загрязнения окружающей среды (см. Часть Г)

В рамках этой задачи технические группы изучили оценки загрязнения окружающей среды, проведённые соответствующими компетентными организациями. Частью деятельности членов данной группы был анализ официально полученных данных о загрязнении цезием, стронцием и плутонием, а также оценка методик сбора образцов и проб на местности, аналитических методов и оборудования лабораторий, которые использовались при первоначальных оценках.

Перечисленные выше меры дополнялись исследованиями с выездом на места в независимо выбранные населённые пункты. Эксперты произвели около 2000 замеров доз внешнего гамма-излучения как внутри, так и вне помещений и собрали более 1000 проб экосистемы почва–трава, а также молока из частных хозяйств и колхозов. Для контроля за "горячими пятнами" поверхностного радиоактивного загрязнения использовался специально оборудованный автомобиль, прошедший более 500 км по дорогам трёх городов и их окрестностей в БССР, РСФСР и УССР. Лаборатория МАГАТЭ в Зайберсдорфе, Австрия, являлась важнейшим участником работ по отбору и анализу проб. Независимый анализ также проводился в лабораториях стран-участниц Проекта.

Задача 3: Подтверждение оценок индивидуальных и коллективных доз облучения (см. Часть Д)

Одной из основных целей данной группы являлось изучение первоначальных оценок доз облучения, как индивидуальных, так и коллективных, которым подверглось население пострадавших районов и которые были проведены компетентными организациями. Ввиду ограниченности времени и ресурсов было просто невозможно оценить дозы облучения, полученные всеми проживающими на загрязнённых территориях. Вместо

этого, ключевым элементом задачи стало изучение критериев, методик и исходных параметров, которые были использованы компетентными организациями для расчёта доз, полученных населением загрязнённых районов, а также прогнозируемых доз облучения.

Второй важной задачей явился независимый контроль за внешним и внутренним облучением населения. В данной работе по контролю значительную роль сыграло оборудование, предоставленное Центральной службой радиационной защиты Франции (ЦСРЗ). Например, жителям выбранных населённых пунктов как на загрязнённых, так и на незагрязнённых территориях были розданы почти 8000 дозиметров, при этом проводилась регистрация независимых индивидуальных результатов. На протяжении десяти недель члены данной группы использовали передвижную лабораторию, предоставленную ЦСРЗ, оборудованную четырьмя установками СИЧ, для оценки доз внутреннего облучения в результате поступления цезия в организм 9000 лиц из девяти населённых пунктов в БССР, РСФСР и УССР. Результаты индивидуальных измерений были подтверждены во Франции, а также в лабораториях Австрии и лаборатории МАГАТЭ в Зайберсдорфе. Работа в рамках данной задачи также включала калибровочные сравнения установок СИЧ в СССР и в других странах.

Задача 4: Изучение состояния здоровья населения и возможных клинических последствий облучения (см. Часть Е)

Первоначально работа была направлена на оценку состояния здоровья населения в загрязнённых районах и понимание эндемических проблем, таких, как зоб и анемия, которые органы здравоохранения регистрировали и до чернобыльской аварии. Понимание эндемических проблем является существенным фактором, так как сообщения в средствах массовой информации объясняли ряд наблюдаемых заболеваний и врождённых уродств воздействием облучения в результате аварии. Однако, такие последствия не соответствовали бы имеющимся радиоэпидемиологическим данным, полученным из других источников, например, проводившимся в течение 40 лет наблюдениям за людьми, пережившими атомную бомбардировку Хиросимы и Нагасаки в Японии.

Члены данной группы встречались с местными врачами, обследовали людей, проживающих на загрязнённых территориях, а также изучали официально предоставленные истории болезни пациентов, страдающих нарушениями гематологической и иммунной систем, заболеваниями щитовидной железы, катарактой и другими заболеваниями, как связанными с облучением, так и не обусловленными его воздействием. В связи с тем, что медицинские данные за период до 1986 года были недостаточными, эксперты проводили сравнение состояния здоровья населения загрязнённых районов и людей, проживающих на непострадавших территориях; это население являлось контрольным при сравнении.

В ряде населённых пунктов были проведены диетологические исследования с целью более глубокого понимания образа жизни местного населения, их рациона питания и как эти факторы могут воздействовать на здоровье населения. Члены группы изучили привычный для местного населения рацион питания, потребление алкоголя и табака и другие связанные со здоровьем человека факторы, а также собрали биологические образцы и образцы рационов питания в выбранных для контроля семьях, проживающих на загрязнённых территориях. Анализы образцов на радиоактивность, микроэлементы и тяжёлые металлы были проведены в лаборатории МАГАТЭ в Зайберсдорфе, Австрия, и в лабораториях стран-участниц Проекта.

В конце 1990 года тремя группами медиков в рамках Проекта были проведены независимые медицинские обследования и клинические анализы почти 2300 человек, проживающих в семи населённых пунктах на загрязнённых территориях и в шести контрольных населённых пунктах. Группы медиков включали специалистов по заболеваниям щитовидной железы, педиатров, онкологов, гематологов, психиатров и радиологов. В центре их внимания было обследование детей с целью выявления злокачественных новообразований, нарушений функции щитовидной железы, анемии, нарушений иммунной системы и системы свёртывания крови, а также чувства обеспокоенности, стресса и других психологических последствий аварии. Общие анализы крови, анализы на гормоны и хромосомы проводились в лабораториях шести стран.

Задача 5: Оценка защитных мер (см. Часть Ж)

Одной из целей членов данной группы было добиться лучшего понимания сложности проблем, связанных с принятием решений о защитных мерах в будущем. Серия из пяти конференций по принятию решений была проведена специалистами из КЕС в БССР, РСФСР и УССР, где также присутствовали представители компетентных органов СССР. Представители БССР, РСФСР и УССР и центральных властей СССР рассмотрели вместе с международными экспертами методы количественного анализа при при-

нятии решений. Были обсуждены не только вопросы воздействия аварии на здоровье человека и окружающую среду, но и социально-экономические и политические факторы, имеющие значение при принятии решений по защитным мерам в будущем. На заключительной конференции участники предыдущих встреч рассмотрели сделанные ими выводы.

Члены этой группы также оценили защитные меры, принятые для уменьшения облучения населения. Защитные меры на первом этапе включали эвакуацию, использование укрытий и введение стабильного йода; возможными защитными мерами в будущем являются дезактивация, контрмеры в сельском хозяйстве, ограничения в отношении потребления пищевых продуктов и отселение. Защитные меры, принятые до 1990 года, оценивались с точки зрения их соответствия международным рекомендациям, существовавшим на тот период, в то время как ряд предлагаемых в настоящее время защитных мер рассматривался в контексте социальных и экономических факторов и потенциальных последствий облучения.

5.5.4. Осуществление краткосрочных мероприятий

В ответ на просьбы общественности и специалистов на местах был организован ряд практических семинаров по обмену информацией с участием международных и местных экспертов, целью которых являлось углубление понимания воздействия радиации на окружающую среду и человека, а также того, как оценить и свести к минимуму дозы облучения, какие критерии могут подходить для целей радиационной защиты (см. Часть Б).

Медицинские семинары

В июле 1990 года в ряде населённых пунктов каждой из республик были проведены трёхдневные семинары, имевшие целью расширить кругозор терапевтов и других представителей органов здравоохранения. Более 1200 местных специалистов совместно с четырьмя международными экспертами обсуждали результаты долговременных исследований заболеваний, индуцированных облучением, и заболеваний, связанных с облучением, их диагностики и лечения, а также методики, используемые для изучения заболеваемости раком и других заболеваний среди населения, подвергшегося облучению.

Сельскохозяйственные семинары и связанные с этим исследования

Во время поездки в СССР в августе 1990 года с целью сбора данных группой экспертов было установлено, что работники сельского хозяйства обеспокоены необходимостью проживать и работать в радиоактивно загрязнённой окружающей среде. На недельном семинаре в Норвегии, проведённом в сентябре 1990 года, специалисты в области сельского хозяйства и представители министерств из трёх республик ознакомились с используемыми в Норвегии методами понижения содержания цезия в молоке и мясе пастбищного скота. Были начаты испытания по использованию соединений, связывающих цезий. В течение октября и ноября был проведён ряд однодневных семинаров в населённых пунктах трёх республик, во время которых участвующие в Проекте эксперты обсудили с примерно 1300 колхозниками, работниками ферм, ветеринарами и жителями этих сельскохозяйственных районов, как использовать на практике эти методы и другие агротехнические приёмы в условиях радиоактивно загрязненной окружающей среды.

Семинар по радиоэкологии

В январе 1991 года в Киеве был проведён пятидневный семинар, целью которого было помочь местным специалистам лучше понять, как оценивать радиационное облучение людей, вызванное выбросом в окружающую среду радионуклидов. Более 200 специалистов по радиобиологии, радиоэкологии, проблемам окружающей среды, а также из систем здравоохранения трёх пострадавших республик приняли участие в обсуждении таких вопросов, как контроль за состоянием окружающей среды, поведение радионуклидов в биосфере и воздействие этих нуклидов на человека.

5.5.5. Участие в Проекте

Проект осуществлялся на абсолютно добровольной основе группой из 200 экспертов, работавших в тесном сотрудничестве; эксперты представляли исследовательские институты, университеты и другие организации 25 стран, а также 7 международных организаций. Время на осуществление Проекта выделялось добровольно правительствами, институтами, компаниями и самими экспертами. С марта 1990 по январь 1991 года эксперты почти 50 раз выезжали в СССР. Лаборатория МАГАТЭ в Зайберсдорфе наряду с 13 лабораториями шести стран также добровольно участвовала в сборе и анализе проб.

Лаборатория МАГАТЭ провела перекрёстные сравнительные измерения с участвующими в Проекте советскими лабораториями. Представители правительственных организаций и коммерческих компаний пяти стран безвозмездно передали в помощь Проекту приборы и оборудование, датчики измерения радиации, а также предоставили возможность использовать компьютеры (см. "Выражение признательности").

Проект получил полную поддержку правительства СССР, а также правительств БССР, РСФСР и УССР. Помощь в осуществлении Проекта оказывалась в разных формах, включая участие местных специалистов в проведении перекрёстных сравнительных измерений, многочисленные дискуссии с учёными-участниками Проекта, а также помощь в сборе образцов при выезде на места и проведении медицинских обследований. Основная помощь в области материально-технического обеспечения была оказана Министерством атомной энергетики и промышленности СССР. В понимании международными экспертами сложившейся обстановки большую роль сыграли откровенные беседы с представителями компетентных органов, учёными и, особенно, местными жителями.

5.6. Представление результатов

Работа различных групп по выполнению задач состояла прежде всего из почти 50 поездок на места, предпринятых специалистами. При необходимости такие выездные исследования дополнялись последующими встречами их участников с целью подготовки выводов по каждой поездке. После этого руководители данных групп экспертов представляли выводы руководителям групп по выполнению задач. Выводы групп по выполнению задач обрабатывались и представлялись их руководителями в МКК.

Этот процесс завершился подготовкой трёх отчётов:

— Технического доклада;
— Общего обзора;
— Брошюры.

Технический доклад содержит все основные выводы, сделанные пятью группами по выполнению задач. Он главным образом рассчитан на научную аудиторию и включает описания различных использованных методов, интерпретацию и оценку первоначальных данных, предоставленных компетентными органами, статистические данные и оценку сведений, полученных самостоятельно группами по выполнению задач, наряду с окончательными выводами и рекомендациями Проекта. Технический доклад состоит из следующих основных частей:

Часть В: Картина исторических событий;
Часть Г: Загрязнение окружающей среды;
Часть Д: Радиационное облучение населения;
Часть Е: Воздействие на здоровье населения;
Часть Ж: Защитные меры;
Часть З: Выводы и рекомендации.

Часть Б дополнительно содержит объяснение понятия радиации и вопросов радиационной защиты, необходимое для понимания Проекта, а также описание мероприятий, направленных на достижение общего уровня взаимопонимания между местными и международными экспертами.

Подготовка проекта Технического доклада потребовала сотрудничества всех руководителей групп по выполнению задач. Оно достигалось тем, что сначала выводы групп по выполнению задач передавались всем руководителям этих групп. На встрече руководителей групп по выполнению задач, проведённой в декабре 1990 года под председательством председателя МКК, были рассмотрены выводы, сделанные различными группами, что способствовало представлению их в логически обоснованном и последовательном виде. После встречи в декабре 1990 года руководители групп по выполнению задач продолжили работу по доработке выводов, которые впоследствии были включены в проект Технического доклада. В феврале 1991 года проект Технического доклада был роздан членам МКК для рассмотрения и оценки (см. раздел 5.7.)

Общий обзор включает изложение наиболее важных положений Технического доклада наряду с выводами и рекомендациями. Он главным образом предназначен для лиц, принимающих решения, соответствующих кругов, лиц и организаций, формирующих общественное мнение, а также широких кругов общественности.

И Технический доклад, и Общий обзор были изданы МАГАТЭ, а их автором является МКК.

5.7. Утверждение выводов. Заключительная встреча МКК

18–22 марта 1991 года в Вене под председательством д-ра И. Шигемацу состоялось совещание МКК по рассмотрению и утверждению проекта Технического доклада и Общего обзора.

5.8. Представление выводов

Рабочий план предусматривал четыре этапа представления выводов, сделанных в рамках Проекта:

— публикация Технического доклада, Общего обзора и Брошюры;
— проведение 21–24 мая 1991 года в Вене Международной конференции по итогам Международного чернобыльского проекта;
— представление результатов Проекта в БССР, РСФСР, УССР и СССР;
— распространение Брошюры среди общественности и населения загрязнённых районов.

Международная конференция была главным образом задумана с целью представления выводов, сделанных в рамках Проекта, и обсуждения их специалистами. Для участия в конференции были приглашены лица, предложенные международными и межправительственными организациями стран-участниц Проекта. Конференция была также открыта для представителей средств массовой информации.

Технический доклад и Общий обзор должны быть представлены в БССР, РСФСР, УССР и СССР в сентябре 1991 года. Эти презентации будут проведены в интересах лиц, принимающих решения, соответствующих кругов и учёных, заинтересованных в Проекте.

Брошюра должна быть представлена в сентябре 1991 года на открытых для широкого участия встречах в загрязненных районах. Такие встречи дадут возможность провести обсуждение, задавать вопросы и получить на них ответы. Можно надеяться, что подобные встречи будут способствовать пониманию Проекта, его целей и достигнутых результатов, а также лучшему пониманию того, что сделанные в рамках Проекта выводы могут означать для людей, проживающих на загрязенных территориях.

6. Ресурсы

6.1. БССР, РСФСР, УССР и СССР

Значительная часть материально-технической поддержки Проекта была осуществлена Министерством атомной энергетики и промышленности СССР. От БССР, РСФСР, УССР и СССР потребовались огромные усилия и выделение значительных людских ресурсов с тем, чтобы обеспечить выполнение задач Проекта в строго ограниченное время.

Трудно переоценить поддержку, которую Проект получил в БССР, РСФСР, УССР и СССР. Проект не мог бы быть осуществлён без поддержки и значительных усилий со стороны Министерства атомной энергетики и промышленности СССР, правительств БССР, РСФСР, УССР и правительства СССР, а также местных властей и учёных. Надо также отметить, что многочисленные граждане СССР, которые свободно общались с участниками подготовительной поездки и последующих работ с выездом на места, оказали большую помощь экспертам в их сложной деятельности.

Специальная помощь заключалась в организации перелётов в республики и обратно, передвижения внутри БССР, РСФСР, УССР и СССР, в обеспечении гостиницами и питанием, переводчиками и гидами, а также в содействии, оказанном научным и техническим персоналом при проведении выездных исследований и взаимного сравнения результатов измерений.

6.2. Участие экспертов

Соответствующие правительства, организации и компании предоставили экспертам время для осуществления работ в рамках Проекта; в нескольких случаях эксперты выделили для этих работ своё собственное время. И не было случая, чтобы эксперт потребовал оплатить его содействие. Стремление экспертов участвовать в осуществлении Проекта преодолело все препятствия: без этого Проект не мог быть осуществлён. В конце Технического доклада в Списке участников перечисляются все эксперты, принявшие участие в Проекте.

6.3. МАГАТЭ

МАГАТЭ, к которому правительство СССР обратилось с просьбой быть координатором Проекта, выполняло функцию его секретариата.

Ресурсы, которые МАГАТЭ необходимо было выделить на осуществление Проекта, были первоначально недооценены. Ко времени проведения международной конференции в мае 1991 года уже более восьми человеко-лет были потрачены сотрудниками МАГАТЭ на осуществление Проекта. Дополнительно в процессе осуществления Проекта появились непредвиденные расходы,

например, на поездки и покупку оборудования. МАГАТЭ взяло на себя все эти расходы.

В середине 1990 года, в период наиболее интенсивных работ, МАГАТЭ открыло своё бюро в Гомеле (БССР), с тем чтобы облегчить проведение выездных работ в БССР, РСФСР и УССР. Это бюро, сотрудниками которого являлись местные служащие, осуществляло связь с местными компетентными органами, координировало выезды на места и являлось центральным органом во время различных миссий. В распоряжении бюро имелись компьютеры и средства связи.

6.4. Другие источники

Многие приборы и оборудование были подарены или переданы на время осуществления Проекта различными институтами и компаниями. Все они упомянуты в разделе "Выражение признательности".

Литература

[1] Medical Aspects of the Chernobyl Accident, IAEA-TECDOC-516, IAEA, Vienna (1989).

[2] ILYIN, L.A., et al., Radiocontamination patterns and possible health consequences of the accident at the Chernobyl nuclear power station, J. Rad. Prot. **10** 13 (1990).

[3] UNITED NATIONS SCIENTIFIC COMMITTEE ON THE EFFECTS OF ATOMIC RADIATION, The Policy of the USSR National Commission on Radiation Protection on the Substantiation of Temporary Annual Dose Limits for Public Exposure Due to the Chernobyl Accident, UNSCEAR/XXXVIII/10 (internal document of an UNSCEAR Working Group), UNSCEAR, Vienna (1989).

[4] GONZALEZ, A.J., "Recovery operations after the Chernobyl accident: the intervention criteria of the USSR's National Commission on Radiation Protection", Recovery Operations in the Event of a Nuclear Accident or Radiological Emergency (Proc. Symp. Vienna, 1989), IAEA, Vienna (1990) 313-346.

[5] WORLD HEALTH ORGANIZATION, Report on the WHO Mission of Radiation Protection Experts to the USSR, 19-25 June 1989, WHO, Geneva (1989).

[6] LEAGUE OF RED CROSS AND RED CRESCENT SOCIETIES, Report on Assessment Mission to the Areas Affected by the Chernobyl Accident, LORCS, Geneva (1990).

[7] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, The Radiological Accident in Goiânia, IAEA, Vienna (1988).

Часть Б
Общие понятия и терминология

Содержание

1. Введение 23

2. Радиация. Концепции и количественные характеристики 23
   2.1. Ионизирующее излучение 23
   2.2. Радиоактивность и радиоактивный распад 23
   2.3. Количественные характеристики радиации и единицы измерения 24

3. Радиация в жизни 27
   3.1. Естественная радиация 27
   3.2. Изменение естественного радиоактивного фона 29
   3.3. Краткий обзор 36

4. Выброс радиоактивных веществ в окружающую среду и пути облучения организма человека 37
   4.1. Рассеяние и осаждение радиоактивных веществ 38
   4.2. Пути внешнего облучения 38
   4.3. Внутреннее облучение. Пути поступления радионуклидов 40

5. Воздействие радиации на здоровье человека 45
   5.1. Детерминистские последствия 47
   5.2. Стохастические последствия облучения 48
   5.3. Пренатальные последствия 53
   5.4. Воздействие "горячих" частиц 54
   5.5. Краткое изложение расчетных вероятностей воздействия облучения 56

6. Экологическое воздействие радиации на другие виды живых организмов, кроме человека 56
   6.1. Введение 56
   6.2. Воздействие на земные растения 56
   6.3. Воздействие на земных животных 57
   6.4. Воздействие на водные организмы 59
   6.5. Наблюдение за обстановкой в районах повышенных уровней радиоактивности 60

7. Радиационная защита 62
   7.1. Соотношение дозы и реакции организма с точки зрения радиационной безопасности ... 62
   7.2. Значение соотношения доза–реакция 63
   7.3. Концепция радиационной безопасности 65
   7.4. Эволюция радиационной защиты 66
   7.5. Основные цели радиационной защиты 66
   7.6. Требования к источникам облучения и отдельным лицам 67
   7.7. Случаи облучения и критерии безопасности 67
   7.8. Использование радиоактивных веществ и вмешательство 68
   7.9. Система радиационной защиты 69
   7.10. Принципы радиационной защиты для вмешательства 69
   7.11. Ситуации de facto, при которых может потребоваться вмешательство 71

8. Достижение общего уровня понимания проблем между советскими специалистами и международными экспертами 73
   8.1. Введение 73
   8.2. Медицинские семинары для врачей-терапевтов по воздействию ионизирующего излучения на здоровье людей 73
   8.3. Сельскохозяйственная деятельность 74
   8.4. Семинар по радиоэкологии. Систематическая оценка индивидуальных доз облучения в результате выброса радионуклидов в окружающую среду 79
   8.5. Заключение и общие выводы 79

Литература 80

1. Введение

Одна из основных задач Международного чернобыльского проекта — это достижение единого понимания ожидаемых последствий определенных доз облучения и международных принципов радиационной защиты. Единое понимание последствий аварии является необходимым условием формирования консенсуса в среде научно-технической общественности как в республиках, подвергшихся радиоактивному загрязнению, так и на общесоюзном уровне относительно радиологических последствий аварии в Чернобыле и оценки мер по защите от воздействия радиации.

В связи с этим в данной Части Б Технического доклада приводятся основные сведения об ионизирующем излучении и его влиянии на человека и окружающую среду, а также обсуждаются общепринятые международные принципы радиационной защиты, направленные на уменьшение отрицательного воздействия ионизирующего излучения, и, наконец, рассматриваются вопросы обмена информацией между советскими специалистами и международными экспертами в рамках данного Проекта.

Информация, изложенная в Части Б, в основном базируется на оценках и рекомендациях Научного комитета ООН по действию атомной радиации (НКДАР), Международной комиссии по радиологической защите (МКРЗ) и Международной комиссии по радиологическим единицам (МКРЕ) [1–3].

2. Радиация. Концепции и количественные характеристики

2.1. Ионизирующее излучение

Стабильность атома определяется равновесием его внутренних сил. Многие атомы являются нестабильными. Нестабильный атом может вернуться в стабильное состояние за счет различных видов высвобождения энергии, часто сопровождающимися ионизирующим излучением. Ионизирующее излучение — это небольшая часть общего спектра электромагнитных излучений и излучений частиц, который охватывает диапазон радиоволн, микроволновый диапазон, видимый свет, ультрафиолетовое и инфракрасное излучение и даже электромагнитные волны, наводимые линиями электропередач. Излучение с очень малой длиной волны может передавать атому энергию, достаточную для того, чтобы выбить электрон из этого атома. Этот процесс называется ионизацией, и, соответственно, излучение, способное вызвать ионизацию, обозначается термином ионизирующее излучение.

Масса, заряд и скорость частицы или форма волны излучения влияют на степень ионизации. Тяжелые, обладающие высокой энергией частицы (такие, как альфа-частицы) при движении быстро утрачивают ее с расстоянием и поэтому не проникают вглубь тела. Альфа-частицы (состоящие из двух протонов и двух нейтронов) не в состоянии пройти сквозь слой омертвевших клеток на поверхности кожи. Бета-частицы (электроны, появляющиеся в результате преобразования нейтронов в протоны в ядре радионуклидов) способны проникать в тело на глубину до нескольких сантиметров. Другие типы электромагнитного излучения, такие, как рентгеновское и гамма-излучение, обладают достаточной проникающей способностью, что позволяет использовать их в целях медицинской диагностики.

2.2. Радиоактивность и радиоактивный распад

Нестабильный атом радиоизотопа приобретает стабильность путем распада, сопровождающегося ионизирующим излучением. Такое свойство атома называется радиоактивностью, а сам атом — радионуклидом. В ходе этого процесса радионуклиды могут испускать альфа- и бета-частицы, рентгеновские и гамма-лучи, а также некоторые другие виды радиоактивного излучения. Активность вещества характеризуется количеством спонтанных распадов за единицу времени, и принятой единицей является кюри (Ки), которая эквивалентна $3{,}7 \times 10^{10}$ распадам в секунду. В настоящее время вместо кюри используется единица Международной системы измерений (СИ) беккерель (Бк), соответствующая одному распаду в секунду.

Распад отдельных радионуклидов носит случайный характер. Активность большого числа радионуклидов данного радиоизотопа снижается

со временем экспоненциально и для характеристики этого распада используют термин период полураспада. Физический смысл периода полураспада — это время, за которое активность радионуклида снижается вдвое. Эта величина является постоянной для данного радиоизотопа. Используются также и две другие концепции: биологический период полувыведения и эффективное время полураспада. Биологический период полувыведения — это время, необходимое организму для выведения половины данного вещества, исходя из чисто биологических законов. Эффективное время полураспада объединяет понятия физического периода полураспада и биологического периода полувыведения. Это наиболее важный параметр при описании воздействия радиоактивных веществ на организм. Действительно, если физический период полураспада составляет 24 000 лет, а биологический период полувыведения всего три часа, то организм избавляется от этого радиоактивного вещества очень быстро.

2.3. Количественные характеристики радиации и единицы измерения

2.3.1. Основные дозиметрические количественные характеристики

Поглощенная доза

Радиацию в воздушной среде можно измерить по количеству ионизированных частиц. Раньше облучение количественно определялось числом электрических зарядов, образовавшихся в единице массы воздуха, и за единицу измерения этой величины был принят рентген (Р). (В Международной системе единиц в качестве единицы измерения облучения используется кулон на килограмм воздуха, но в практике эта единица используется редко.) При проникновении радиоактивного излучения в массу вещества происходит поглощение и высвобождение энергии составляющими это вещество атомами. Энергия, поглощенная веществом на единицу массы, называется поглощенной дозой. Поглощенная доза излучения раньше измерялась в радах. Рад — поглощенная доза излучения, равная 100 эрг на 1 г облученного вещества. Сейчас в Международной системе единиц принято использовать грей (Гр), равный 1 джоулю поглощенной энергии на килограмм вещества, что эквивалентно 100 рад. Влияние радиации на любое вещество, включая такие биологические материалы, как живые ткани, зависит от величины поглощенной дозы излучения.

Таблица 1

Определяющие факторы радиации[а]

Тип и диапазон энергии	Определяющий фактор радиации w_R
Фотоны, все энергии (включая гамма- и рентгеновское излучение)	1
Электроны и мюоны, все энергии[б]	1
Нейтроны <10 кэВ	5
от 10 кэВ до 100 кэВ	10
от 100 кэВ до 2 МэВ	20
от 2 МэВ до 20 МэВ	10
>20 МэВ	5
Протоны, не относящиеся ко вторичным протонам >2 МэВ	5
Альфа-частицы, осколки деления, тяжелые ядра	20

[а] Все значения относятся к радиации при попадании ее на тело или, для внутреннего источника, это радиация, излучаемая от источника.

[б] Исключая электроны Оже, излучаемые из ядер, связанных с деоксирибонуклеиновой кислотой (ДНК).

Весовой коэффициент радиоактивного облучения

Воздействие излучения, включая поражение тканей, определяется не только поглощенной дозой, но также типом и энергией радиоактивного излучения. Для целей радиационной безопасности эти факторы учитываются путем умножения поглощенной в ткани дозы на коэффициент эффективности данного типа излучения. Весовой коэффициент в данном случае называется весовым коэффициентом излучения, w_R, и отражает тип и энергию внешнего радиоактивного воздействия на организм, а в случае нахождения источника внутри организма — излучение данного источника (см. табл. 1).

Эквивалентная доза

Строго говоря, поглощенная доза, умноженная на весовой коэффициент, называется эквивалентной дозой в ткани или органе Т и обозначается H_T. Эквивалентная доза определяется по формуле:

$$H_T = \Sigma_R \cdot w_R \cdot D_{T,R},$$

Таблица 2

Факторы оценки тканей[а]

Ткань или орган	Фактор оценки тканей w_t
Половые железы	0,20
(Красный) костный мозг	0,12
Толстая кишка	0,12
Легкие	0,12
Желудок	0,12
Мочевой пузырь	0,05
Молочная железа	0,05
Печень	0,05
Пищевод	0,05
Щитовидная железа	0,05
Кожа	0,01
Костная поверхность	0,01
Остальные ткани и органы[б]	0,05
	1,00

[а] Значения оценочных факторов разработано для контрольной группы населения, состоящей из равного количества обоих полов и широкого диапазона возрастов. При определении эффективной дозы они относятся к профессиональным работникам, населению в целом и обоим полам.

[б] Для производства расчетов в оставшуюся часть дополнительно включены следующие ткани и органы: надпочечники, мозг, тонкая кишка, почки, мышцы, поджелудочная железа, селезенка, вилочковая железа и матка. В этот перечень включены органы, которые, вероятно, могут избирательно облучаться. Известно, что некоторые из указанных органов восприимчивы к раковым заболеваниям. Если в дальнейшем выявится значительная предрасположенность к раковым заболеваниям и для других тканей и органов, то их тогда следует включить либо в отдельный фактор w_t, либо в дополнительный перечень, куда внесены оставшиеся органы. Этот перечень может также включать и другие ткани или органы, облучаемые избирательно. В исключительных случаях, когда один из оставшихся органов или тканей получает эквивалентную дозу, превышающую наибольшую дозу для любого из 12 органов, каждый из которых имеет свой собственный оценочный фактор, то для такого органа или ткани следует применять оценочный фактор с величиной 0,025 и оценочный фактор с величиной 0,025 к средней дозе — к остальным из оставшихся органов и тканей.

где $D_{T,R}$ — средняя, поглощенная тканью или органом T доза облучения в результате радиоактивного излучения R. Единицей эквивалентной дозы является 1 Дж/кг, которая обозначается термином зиверт (Зв).

Весовые коэффициенты тканей и эффективная доза

Известно, что для данной эквивалентной дозы вероятность радиоактивного воздействия на организм зависит также и от облучаемой ткани или органа. Поэтому, следует определить еще одну количественную величину, производную от эквивалентной дозы, которая отражала бы комбинированное воздействие различных доз на разные ткани. Коэффициент, на который умножается эквивалентная доза в ткани или органе T, называется весовым коэффициентом ткани, w_T, представляющим относительный вклад ткани или органа в общий ущерб здоровью (ухудшение состояния здоровья) при равномерном облучении всего организма. В табл. 2 приводятся значения весовых коэффициентов тканей. Весовая эквивалентная доза (дважды взвешенная поглощенная доза) называется эффективной дозой, E. Таким образом, эффективная доза является мерой оценки общего риска от воздействия любой комбинации различных типов излучений на любые органы тела. Как правило, употребляя термин доза подразумевают эффективную дозу.

Эффективная доза — это весовая сумма эквивалентных доз во всех тканях и органах. Эффективная доза вычисляется по формуле:

$$E = \Sigma_T w_T \cdot \Sigma_R w_R \cdot D_{T,R},$$

где $D_{T,R}$ — средняя доза, поглощенная тканью или органом T в результате воздействия радиоактивного излучения R. Радиоактивное излучение по отношению к организму может быть внешним или внутренним. Эффективная доза также может быть представлена как удвоенная весовая сумма поглощенной всеми тканями и органами дозы излучения.

2.3.2. Вспомогательные дозиметрические количественные характеристики

Полувековая ожидаемая эквивалентная доза и полувековая ожидаемая эффективная доза

После поступления радиоактивного вещества в организм существует период, в течение которого в его тканях продуцируются эквивалентные дозы различных мощностей. Временной интеграл мощности эквивалентной дозы называется *полувековой ожидаемой эквивалентной дозой,* $H_T(t)$, где t — время интегрирования (в годах) с момента поступления радиоактивности в организм. Если t не указано, то предполагается, что время интегрирования для взрослых составляет 50 лет, а для детей — 70 лет. Точно так же из

эффективной дозы определяется и *полувековая ожидаемая эффективная доза* всего тела, E(t).

Коллективная эквивалентная доза и коллективная эффективная доза

Все рассмотренные выше количественные показатели относятся к облучению отдельно взятых лиц. Кроме того, используются количественные характеристики, описывающие подвергшиеся облучению группы или популяции. В этих характеристиках с целью учета количества людей, облученных от одного источника, средняя индивидуальная доза облучения умножается на количество людей в группе. Соответствующие числовые значения и есть *коллективная эквивалентная доза,* S_T, относящаяся к конкретной ткани или органу, а также *коллективная эффективная доза,* S. При наличии нескольких различных групп людей общая коллективная доза определяется как сумма доз для каждой группы. В качестве единицы измерения коллективных доз используется человеко-Зиверт (чел.-Зв). Коллективные дозы отражают общие последствия облучения популяции или группы, но их следует использовать лишь при условии, что последствия действительно пропорциональны величине дозы и количеству облученных людей. При необходимости проведения разграничения между коллективной дозой и дозой для отдельного лица последнюю называют индивидуальной дозой.

Коллективная эффективная доза, вызванная наличием радиоактивных веществ в окружающей среде, может накапливаться в течение длительного времени и оказывать влияние на последующие поколения людей. Для конкретных условий общая коллективная эффективная доза — это интегрированная по всему периоду времени мощность коллективной эффективной дозы в результате однократного выброса (или, в случае продолжительной работы в условиях излучения, — интегрированная по периоду работы в этих условиях). Если же интегрирование проводится в течение ограниченного времени, то количественное значение будет также ограничено. При значительном разбросе величин индивидуальных доз или при длительном периоде воздействия может оказаться полезным подразделение коллективных доз на элементы, охватывающие более ограниченный диапазон доз и временных интервалов. При рассмотрении последствий облучения за период работы в условиях излучения иногда удобно проводить различие между уже полученной коллективной эффективной дозой и ожидаемой коллективной эффективной дозой в течение всего времени.

Ожидаемая доза

Ожидаемая доза, $H_{c,T}$ или E_c, представляет собой одно из расчетных средств. Она может быть рассчитана как для критической группы населения, так и для всего населения мира. Это определяется интегрированием мощности дозы

Таблица 3

Иерархия количественных показателей дозы

Поглощенная доза	Это количество радиационной энергии, поглощаемое на килограмм массы ткани и выражаемое в греях (Гр).
Эквивалентная доза	Это поглощенная доза, оцененная с точки зрения вредного воздействия различных излучений (оценочными факторами радиации), для учета различных видов радиоактивного излучения и их энергий. Измеряется в зивертах (Зв), милизивертах (мЗв), микрозивертах (μЗв) и т. д. Для большинства практических применений единицей измерения является оценочный фактор радиации, т. е. числовые значения для поглощенной дозы и эквивалентной дозы будут равными.
Эффективная доза	Эквивалентная доза, оцениваемая с точки зрения вредного воздействия на различные ткани человеческого организма. Это (видоизмененная) эквивалентная доза, которая также выражается в зивертах.
Коллективная эффективная доза	Это эффективная доза для всех людей, облученных каким-то источником радиации. Выражается в человеко-зивертах (чел.-Зв).

Примечание: В практической деятельности эти количественные показатели выражаются в виде мощностей дозы (например, мЗв/ч или чел.-Зв в год). Если мощности дозы суммировать по времени, то результирующее значение обычно определит ожидаемую дозу. При отсутствии конкретных значений суммарное время для ожидаемой дозы теоретически неопределенно; например, ожидаемая коллективная эффективная доза — это сумма всех доз, полученных всеми людьми (настоящими или будущими людьми в течение всего срока) в результате практики или действия, связанных с радиацией.

на душу населения за бесконечно большой промежуток времени

H_T или $\dot{E}$

в результате конкретного события. Как единица данной практики она вычисляется (например, за год) по формуле:

$$H_{c,T} = \int_0^{\infty} \dot{H}_T\,(t)\,dt$$

или

$$E_c = \int_0^{\infty} \dot{E}\,(t)\,dt.$$

В случае неопределенного рабочего периода при постоянной дозе максимальная ежегодная мощность дозы на человека, H_T или E, в определенной группе будет равна ожидаемой дозе за один год работы, независимо от изменения количества людей в группе. Если профессиональная деятельность продолжается в течение ограниченного периода времени, τ, то максимальная будущая доза на душу населения будет соответствовать неполной ожидаемой дозе и определяться по формуле:

$$H_{c,T}(\tau) = \int_0^{\tau} \dot{H}_T\,(t)\,dt$$

или

$$E_c\,(\tau) = \int_0^{\tau} \dot{E}\,(t)\,dt.$$

В табл. 3 количественные показатели дозы расставлены в порядке значимости.

3. Радиация в жизни

В разделе 3 дается широкая картина различных уровней радиации, характерных для среды обитания человека. Вся история человечества проходила в условиях радиационного окружения (т. е. радиация являлась неотъемлемым элементом среды обитания человека): частично это естественные источники радиации, частично — результаты деятельности человека. Постепенно даже эта искусственная радиация вписалась в стабильное радиационное окружение. Взаимодействие человека с окружающей средой и ее изменение в результате этого воздействия приводят к тому, что радиационное окружение в настоящий момент отличается от прошлого и будет постоянно изменяться в будущем.

3.1. Естественная радиация

В нормальных условиях наибольшую дозу облучения человек получает от естественных источников радиации (см. рис.1). Среднегодовая доза от естественных источников излучения составляет около 2,4 миллизиверта (мЗв). В пределах этой среднестатистической величины индивидуальная годовая доза может находиться в пределах от 1 до 5 мЗв/г, а в отдельных случаях достигать значения 1 Зв и более.

Два основных естественных источника радиоактивного излучения — это космическое пространство, из которого на Землю постоянно приходят космические лучи, и биосфера Земли с имеющимися в ней радионуклидами, содержащимися в основном в земной коре в течение миллиардов лет. На организм человека воздействует как внешнее облучение, обусловленное воздействием космических лучей и природных радиоактивных веществ, находящихся вне человеческого тела, так и внутреннее — от природных радионуклидов, биологически находящихся в организме или поступивших в него с воздухом или с продуктами питания. Земное излучение пока что является самым сильным источником естественного облу-



Рис. 1. Источники радиационного облучения: относительные доли в средние индивидуальные дозы облучения. [Источник: НКДАР ООН [2]]

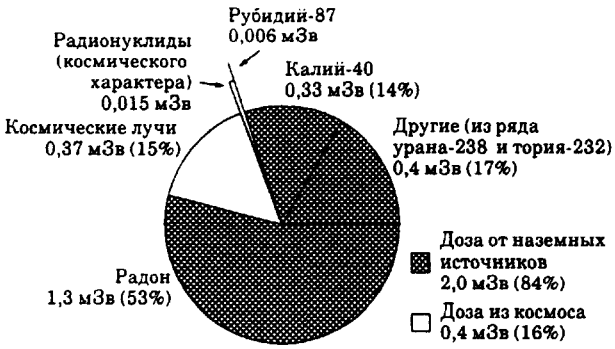


Рис. 2. Расчетные годовые дозы радиации на человека от естественных источников излучения

чения и его доля в среднегодовой дозе составляет 85% (см. рис. 2).

3.1.1. Космическое излучение

Уровни космического излучения на поверхности Земли относительно стабильны, но магнитное поле Земли оказывает на них влияние — на полюсах излучение выше, чем у экватора. Однако, более важно то, что уровень излучения в значительной степени зависит от высоты над уровнем моря, практически удваиваясь через каждые 1500 метров. Большинство населения проживает на или почти на уровне моря, поэтому высота проживания вносит малый вклад в величину среднегодовой дозы от космического излучения (0,37 мЗв). Однако в городах, расположенных на большой высоте над уровнем моря, таких, как Ла-Пас (Боливия), Богота (Колумбия) и Денвер (США), ежегодная доза за счет космического излучения может значительно превышать среднюю величину, достигая значения 1 мЗв и более.

3.1.2. Земное излучение

Земное излучение различных уровней присуще всей окружающей среде и его уровень зависит от концентрации радиоактивных элементов в таких природных материалах, как горные породы, почва, вода, воздух, продукты питания и даже в организме человека. Наиболее важными источниками излучения являются калий-40, рубидий-87 и два ряда радиоактивных элементов, образующихся в результате распада урана-238 и тория-232. Другие радионуклиды, такие, как ряд элементов, образующихся при распаде урана-235, вносят лишь незначительный вклад в общее радиоактивное облучение.

Радиоактивность некоторых горных пород и почв является основным источником земной радиации вне помещений. В целом, магматические горные породы, такие, как гранит, более радиоактивны, чем осадочные, где известное исключение составляют сланцы и фосфориты, обладающие высоким уровнем радиоактивности. При недавнем измерении уровней внешнего радиоактивного облучения на открытом воздухе, проведенном в 23 странах, население которых составляет более половины всего населения Земного шара, были отмечены лишь небольшие отклонения от средней величины. В результате проведенных исследований был сделан вывод, что около 95% населения проживает в районах со среднегодовым уровнем дозы около 0,4 мЗв. При этом есть достаточно хорошо описанные районы, где население живет в условиях исключительно высокого уровня земного излучения. В прибрежных районах Керала и Тамил Наду в Индии богатые торием монацитные пески создают мощность дозы, в тысячу раз превышающую нормальный радиационный фон, а на территории Бразилии, например, в Гуарапари, Меапеи и Покос де Кальдас, мощность дозы может превышать нормальный уровень в 100 раз.

Поскольку люди большую часть времени проводят в помещениях, уровни излучения в жилых домах играют определяющую роль в величине получаемой ими дозы. С практической точки зрения наибольший вклад в дозу, получаемую внутри помещений, принадлежит одному распространенному источнику — инертному газу радону. (Под радоном здесь понимаются нуклиды радон-222, радон-220 и продукты их цепи распада — т. н. дочерние продукты.)

В среднем, вклад радона, являющегося природным химически инертным радиоактивным газом, образующимся в процессе распада урана-238, составляет несколько больше половины эффективной дозы на душу населения от естественного радиоактивного фона (1,3 мЗв/г). Вдыхание радона вместе с воздухом приводит к облучению легких и увеличивает риск развития рака легких. Степень риска увеличивается по мере увеличения содержания радона в воздухе и длительности облучения. Содержание радона в воздухе изменяется не только в зависимости от местности, но и от времени года, оно может изменяться ежедневно, а в закрытых помещениях — ежечасно.

Радон может попасть в здание различными путями: основным его источником является грунт под зданием или вокруг него; меньшую роль играет выбор строительного материала. Радон также поступает в здание с наружным воздухом через отверстия, неплотности и трещины,

вместе с водопроводной водой и природным газом. Лишь недавно были проведены исследования содержания радона в помещениях и, скорее всего, результаты отразят наличие исключительно высокого уровня содержания радона в воздухе жилых помещений некоторых местностей, построенных из материалов или на грунтах с относительно высоким содержанием радиоактивных веществ.

Помимо радона, внутреннее облучение может быть вызвано поглощением калия-40, свинца-210 и полония-210. По сравнению с радоном их вклад в среднегодовой уровень дозы мал. Поскольку организм гомеостатически регулирует поглощение калия-40, его содержание остается довольно постоянным для различных групп населения. И, наоборот, рационы питания могут влиять на внутреннее облучение от свинца-210 и полония-210. Например, эти радионуклиды накапливаются в морских продуктах. В Японии, где они пользуются большой популярностью, было обнаружено, что в этой стране годовое поглощение этих радионуклидов в 5 раз выше, чем в Федеративной Республике Германия и Индии, и в 10 раз выше, чем в США (см. [2], стр. 60). Исключительно много этих радионуклидов поглощается людьми, проживающими на Крайнем Севере, где основу рациона питания десятков тысяч людей составляет мясо северного оленя. Использование в пищу мяса оленей, которые пасутся на лишайниках, обладающих способностью накапливать свинец и, в особенности, полоний, приводит к тому, что получаемая этой группой населения доза десятикратно превышает нормальный уровень. Свинец-210 и полоний-210 также содержатся в табаке и табачном дыме.

3.2. Изменение естественного радиоактивного фона

Четыре вида человеческой деятельности приводят, в основном, к изменению естественного радиоактивного фона: постоянно расширяющееся использование источников излучений в повседневной медицинской практике для диагностических целей, испытание ядерного оружия в атмосфере, промышленные процессы, в которых используются природные радионуклиды, и атомная энергетика.

3.2.1. Использование излучений в медицине

Облучение в медицинских целях является основной составляющей (помимо естественного радиоактивного фона) дозы, получаемой человеком. Ежегодная средняя доза облучения, проводимого с медицинскими целями, составляет от 0,4 до 1 мЗв, причем величина зависит от методики определения дозы.

Медицинское облучение в основном имеет место при проведении рентгенодиагностики, включая общую и стоматологическую рентгенографию, а также в радиационной медицине при принятии внутрь радионуклидов с диагностическими целями и при проведении радиационной терапии[1] для лечения онкологических и прочих заболеваний.

Надежную и подробную информацию об использовании излучений в медицине имеет только население развитых стран, а это составляет менее одной четверти от более чем 5-миллиардного населения Земли. Скудная информация имеется еще у четверти населения. И более двух с половиной миллиардов человек практически ничего не знают об облучении в медицинских целях, которому они подвергаются (если они вообще подвергаются ему).

Медицинская диагностическая рентгенография

Рентгенодиагностика дает практически 95% общей дозы, получаемой людьми ежегодно в результате облучения в медицинских целях. За этими общими цифрами скрывается широкий диапазон как поглощенных доз, так и интенсивности применения рентгенодиагностики. Например, в странах с развитым здравоохранением один рентгеновский аппарат приходится в среднем на 4 тысячи человек, а в странах с низким уровнем здравоохранения один аппарат приходится на 170 тысяч человек. В среднем на 1000 человек в странах первой группы ежегодно проводится 800 рентгенологических обследований, а во многих развивающихся странах — менее 30 обследований на 1000 человек.

Помимо интенсивности использования рентгенографии на величину индивидуальной дозы влияют и такие факторы, как вид обследования, процедура его проведения и эффективность работы оборудования. С одной стороны, массовые рентгенографические исследования грудной клетки уже не практикуются в большинстве развитых стран, в то время как во многих развивающихся странах это все еще происходит. В Китае, напри-

[1] Уникальной в контексте данного описания является радиационная терапия. В отличие от общемедицинских и стоматологических радиологических обследований, которые люди проходят относительно часто, радиационную терапию они рассматривают как нечто необычное, не связанное с их повседневной жизнью и не влияющее на радиационную обстановку. В данном отчете далее не будут рассматриваться дозы, получаемые при проведении радиационной терапии.

мер, более 75% всех рентгенодиагностических обследований приходится на грудную клетку. Более важно то, что в большинстве развитых стран для обследования грудной клетки широко или даже исключительно используется рентгенография, в то время как данные по развивающимся странам говорят о массовом использовании флюорографии, которая дает пациентам дозы, в 15 раз превышающие дозы от рентгенографии (а для медицинского персонала дозы облучения еще выше).

Отсутствие данных о применении флюорографии во многих странах является основным фактором, не позволяющим сделать правильные выводы о дозах облучения при рентгенодиагностике. Имеется еще один фактор, влияющий на уровни доз — это эффективность работы диагностического оборудования. Важно отметить, что, как установлено, во многих странах от 30 до 70% диагностического рентгеновского оборудования имеет неисправности.

Стоматологическая рентгенография

При средних индивидуальных дозах 0,04 мЗв за одно обследование, стоматологическая рентгенография составляет лишь один процент от общего облучения в медицинских целях. Это наиболее часто используемый вид диагностического рентгеновского обследования. Ежегодно эту процедуру проходят около 340 миллионов человек, в основном в странах с хорошо развитой системой здравоохранения.

Диагностическая радиационная медицина

В целом, применение методов радиационной медицины расширилось с того момента, когда их начали впервые использовать около 30 лет назад. В некоторых странах, например, в США, применение методов радиационной медицины периодически сокращается в связи с появлением альтернативных методов, например, ультразвуковых. Поглощенные дозы, полученные в результате использования радиационной диагностики, составляют всего 4% от коллективной поглощенной дозы от всех облучений в медицинских диагностических целях. Применение различных радионуклидов (например, йода-131 или теллура-99m) обусловливает большие различия в среднегодовых дозах.

3.2.2. Испытания ядерного оружия

В период с 1945 по 1980 гг. с целью испытания ядерного оружия было проведено более 400 ядерных взрывов в атмосфере. Наиболее интенсивные испытания в атмосфере проводились в 1957–58 и 1961–62 годах, когда было проведено по 128 взрывов, но суммарная мощность последней серии испытаний была примерно в четыре раза выше. В результате этих испытаний произошел выброс значительного количества радиоактивных веществ в окружающую среду.

В 1963 году СССР, Великобритания и США подписали Договор о частичном запрещении испытаний ядерного оружия, согласно которому они обязались не проводить испытаний в атмосфере. С тех пор испытания в атмосфере проводят только Франция и Китай, но их мощность и частота значительно меньше. Однако, подземные испытания ядерного оружия продолжаются до сих пор.

При испытаниях в атмосфере выпадает несколько сот различных радионуклидов, но лишь четыре из них опасны для современного и будущих поколений — это углерод-14 (период полураспада 5730 лет), цезий-137 (период полураспада 30 лет), стронций-90 (период полураспада 30 лет) и тритий (период полураспада 12 лет). Вклад углерода-14 в полувековую ожидаемую дозу составляет примерно две трети от общего вклада радионуклидов из-за относительно короткого времени полураспада остальных радионуклидов. Вклад плутония-239, плутония-240 и америция-241 в мощность дозы будет очень незначительным (0,1%) и растянутым на тысячи лет. Среднегодовая индивидуальная доза в результате проведения испытаний в атмосфере составит 0,01 мЗв, однако из-за того, что в атмосферу были выброшены долгоживущие радионуклиды, вклад испытаний в атмосфере в коллективную полувековую ожидаемую дозу является самым большим из всех антропогенных источников радиации.

3.2.3. Промышленные процессы и естественные радионуклиды

В результате некоторых промышленных процессов, таких, как использование геотермальной энергии и разработка месторождений фосфоритной руды, на поверхность Земли выносятся вещества с концентрацией естественных радионуклидов выше средней. В ряде промышленных процессов, например, при сжигании угля и производстве фосфатных удобрений, используются вещества со средним или выше среднего содержанием естественных радионуклидов. В результате таких процессов радионуклиды концентрируются в одном или нескольких конечных основных или побочных продуктах. Влияние таких доз облуче-

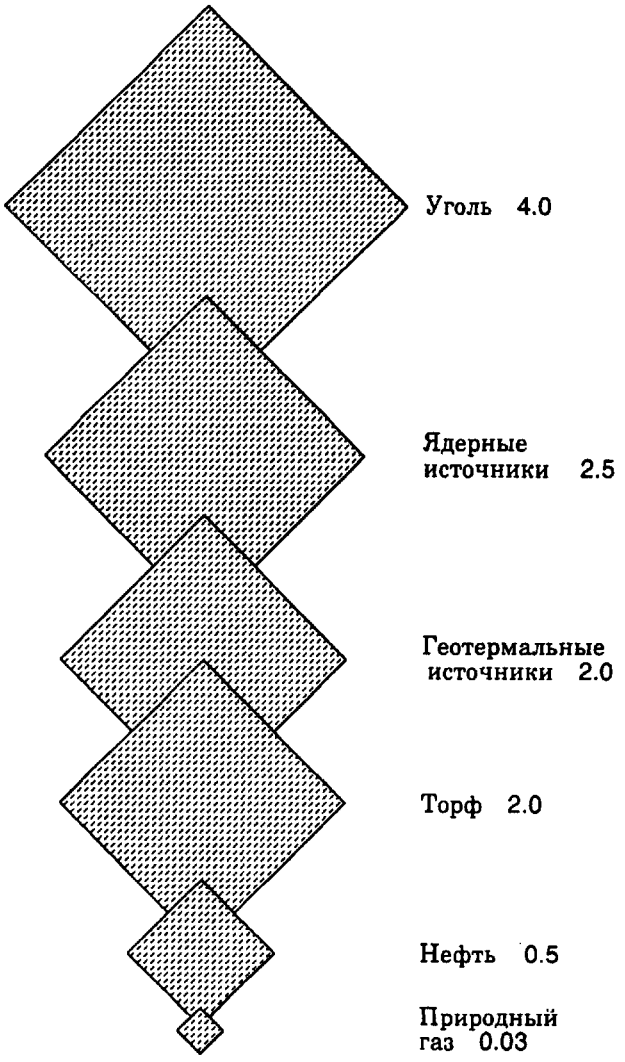


Рис. 3. Расчетная ожидаемая коллективная доза (в человеко-зивертах на гигаватт в год), получаемая в результате различных способов выработки электроэнергии

ния на радиационную обстановку незначительно. Однако, систематического измерения доз облучения не проводится, а ускоренные темпы расширения этих производств, в особенности энергетики, позволяют сделать предположение о том, что они окажут значительное влияние на окружающую среду в течение последующих десятилетий.

Производство электричества за счет других источников энергии, помимо ядерного, также может привести к увеличению облучения населения (см. рис.3). Во многих странах уголь является основным топливом для развития энергетики с целью удовлетворения возрастающего энергопотребления. И действительно, около 70% всего добытого во всем мире в 1981 году угля ($2{,}7 \times 10^{12}$ эквивалентных килограммов) было использовано для производства электроэнергии, 20 % — для производства кокса и 10 % — на обогрев жилищ и приготовление пищи. Уголь, как и большинство природных материалов, содержит естественные радионуклиды, которые высвобождаются при его сжигании в окружающую среду. Величина выброса зависит от концентрации радиоактивности угля, его зольности, температуры сжигания, соотношения между тяжелыми шлаковыми золами, оседающими в подтопке, и легкими летучими золами, а также от эффективности устройств пылегазоочистки. В мире существуют два основных типа станций, работающих на угле: старые станции с выбросом около 10% летучих зол и современные станции с пылеулавливателями, выбрасывающие в атмосферу только около 0,5% летучих зол. Если основываться на предположении, что две трети электростанций в мире принадлежат к старому поколению, то полувековая ожидаемая коллективная доза составит 4 чел.-Зв на ГВт/г произведенной электроэнергии.

Сжигание угля сопровождается и другой радиационной опасностью. Большая часть радиоактивной летучей золы, накапливающейся в пылеулавливателях, используется для производства цемента и бетона для строительных работ, что вызывает радиационное облучение. Тяжелые золы нередко хранятся в золоотвалах вблизи электростанций, что создает потенциальную радиационную опасность в результате ветрового переноса зол и загрязнения поверхности и грунтовых вод. Оценка влияния вышеперечисленных факторов на увеличение дозы облучения отсутствует.

Геотермальная энергетика является еще одним источником радиационного облучения. Хотя ее доля в общем производстве электроэнергии невелика, ожидается, что относительный вклад геотермальной энергетики будет расти. Большая часть радиоактивности, сконцентрированной в геотермальных водах, вызвана цепочками распада урана, в особенности радоном. На основе измерений содержания радона в геотермальных водах различных стран нормализованная величина полувековой ожидаемой коллективной дозы составит 2 чел.-Зв на ГВт/г произведенной электроэнергии.

В некоторых странах, в частности в Финляндии, Ирландии и Швеции, для получения энергии сжигают торф. Поверхностные и грунтовые воды заносят природные радионуклиды в торфяные болота, где они в конечном счете поглощаются торфяной массой. Достаточная информация о выбросах природных радионуклидов в атмосферу при использовании торфа в качестве топлива для электростанций отсутствует. Если предположить, что для получения одного гига-

ватта электроэнергии необходимо сжечь 5 × 10^9 кг торфа, то нормализованная величина полувековой ожидаемой коллективной дозы составит 2 чел.-Зв на ГВт/г произведенной электроэнергии. С точки зрения долговременной перспективы наибольшую радиологическую опасность будет представлять хранение и захоронение торфяной золы с высоким содержанием урана.

Использование нефти и природного газа в мировой электроэнергетике играет значительно меньшую роль в радиационном облучении. Коллективные полувековые ожидаемые дозы относительно малы и, соответственно, составляют 0,5 и 0,03 чел.-Зв на ГВт/г произведенной электроэнергии.

3.2.4. Радиация и атомная энергетика

Производство электроэнергии на атомных электростанциях приводит к выбросу радиоактивных веществ в окружающую среду даже при нормальной работе АЭС. Помимо этого, эксплуатация АЭС, как и любой другой вид человеческой деятельности, может привести к авариям. С того времени как в 1956 году была пущена в эксплуатацию первая промышленная АЭС, мировая атомная энергетика накопила опыт более 5000 реакторо-лет работы без каких-либо значительных выбросов радиоактивных веществ в окружающую среду. Однако, чернобыльская авария сняла с повестки дня вопрос о гипотетичности серьезных аварий. Учитывая неравномерность распределения доз облучения, вряд ли следует сравнивать среднее глобальное облучение в результате чернобыльской аварии с другими постоянными источниками облучения, включая естественный радиоактивный фон. Однако, такое сравнение может быть полезным для понимания влияния атомной энергетики в целом и ядерных аварий в особенности на радиационную обстановку (см. подраздел 3.2.4.2.).

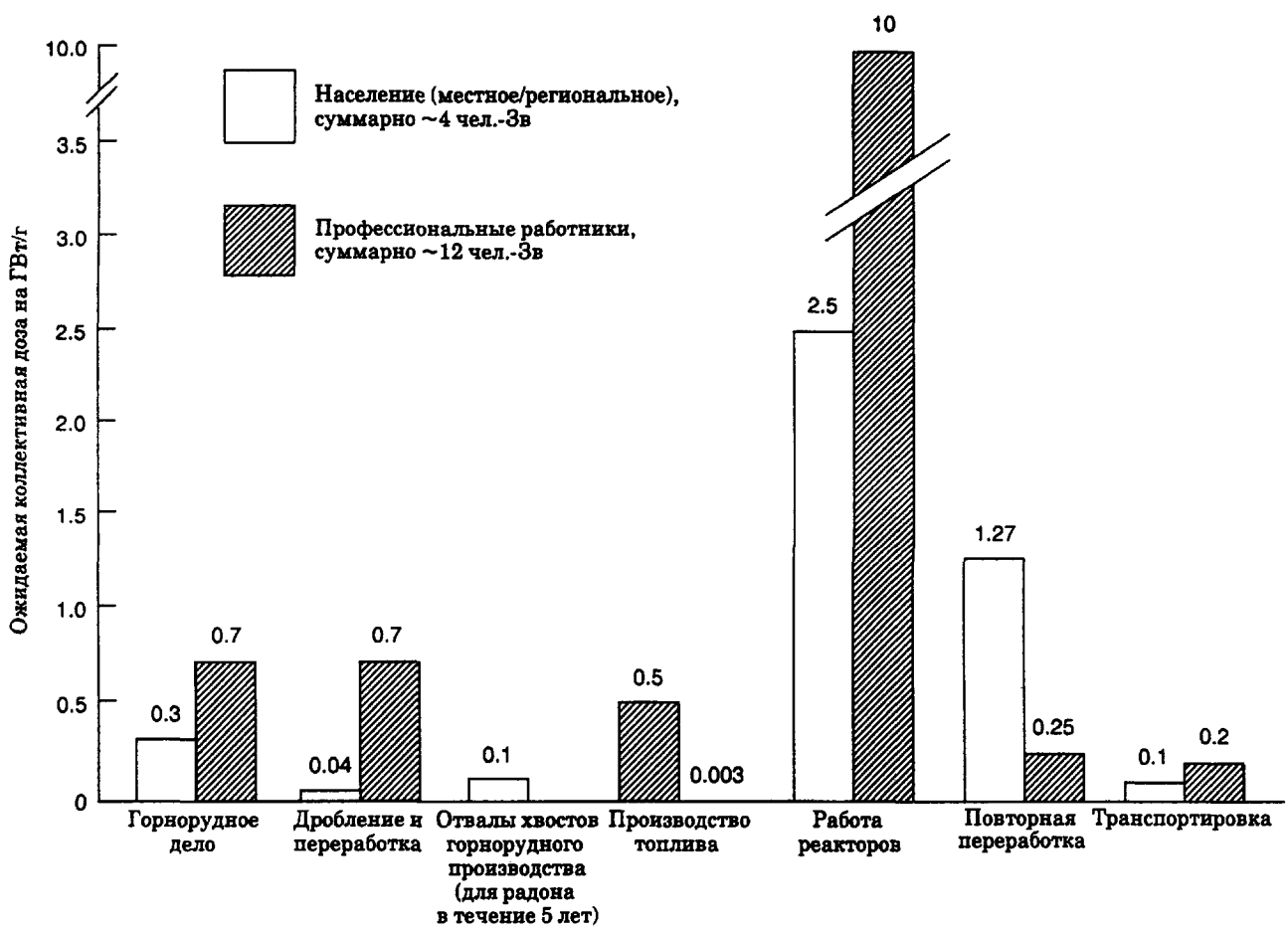


Рис. 4. Расчетные ожидаемые коллективные дозы (в человеко-зивертах на гигаватт в год выработанной электроэнергии) на краткосрочную перспективу для населения на местном и региональном уровне и для профессиональных работников вследствие различных стадий ядерного топливного цикла (нормализованного)

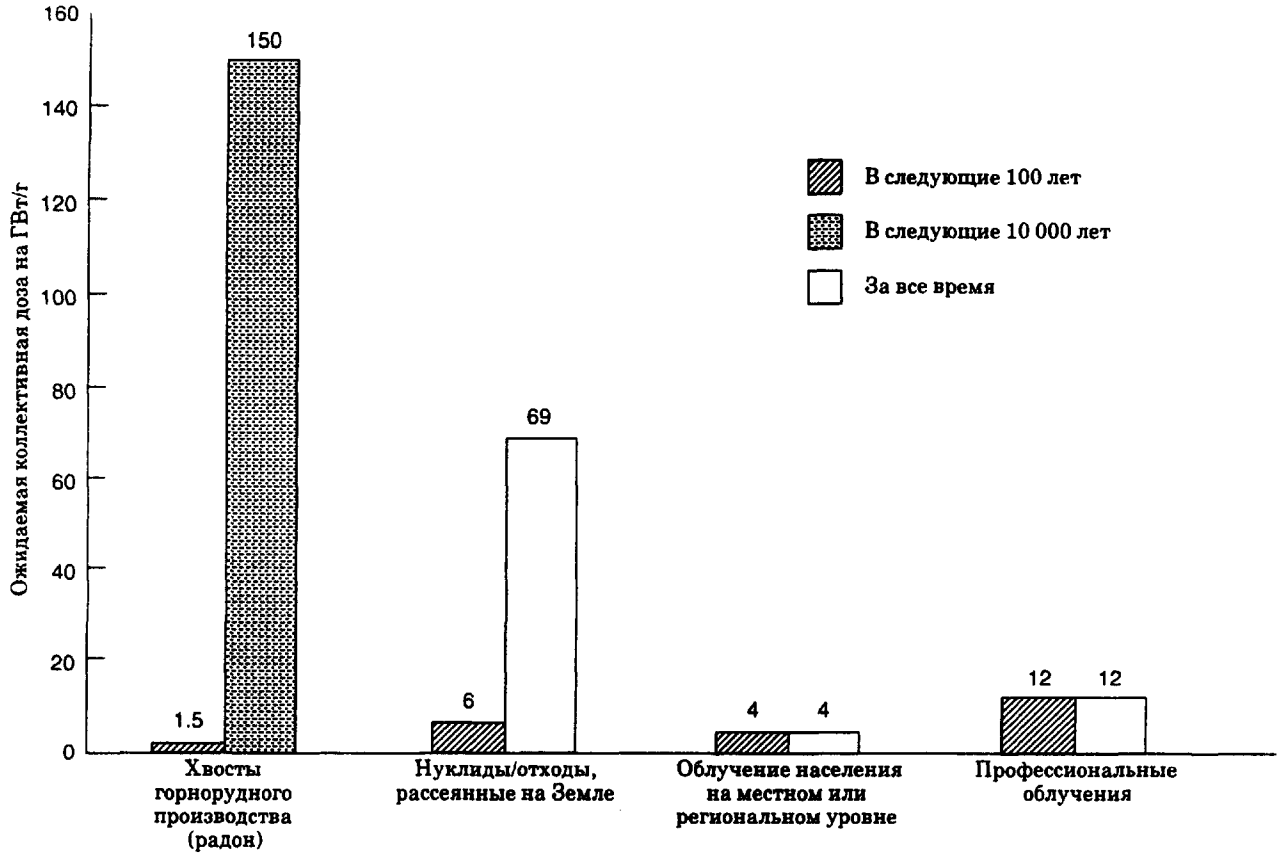


Рис. 5. Расчетные ожидаемые коллективные дозы (в человеко-зивертах на гигаватт в год выработанной электроэнергии) на долгосрочную перспективу для населения на местном и региональном уровне и для профессиональных работников вследствие различных стадий ядерного топливного цикла (нормализованного)

Производство электроэнергии на АЭС в условиях нормальной эксплуатации

При нормальной работе АЭС лишь ничтожно малое количество радиоактивных веществ выбрасывается в окружающую среду. В среднем, ежегодная доза облучения от всех видов деятельности ядерного топливного цикла составляет небольшую долю (менее 0,1%) от облучения в результате естественной радиации. Облучение в атомной энергетике происходит на всех этапах ее топливного цикла, и дозы облучения оцениваются во времени и пространстве (см. рис. 4 и 5).

Добыча и переработка урановых руд. При шахтной добыче урана возникает большое количество радиоактивных жидкостей и газов, которые в основном выбрасываются через систему вентиляции, а при открытой разработке происходит утечка жидкостей и газов из карьеров. Хранение руд и других материалов, образующихся в процессе извлечения урана, в отвалах приводит к утечке радиоактивности в атмосферу. В настоящее время практикуется бесконтейнерное хранение хвостов в отвалах на открытых площадках или за специально построенными плотинами или дамбами, причем хвосты покрываются твердым материалом или слоем жидкости. Радон, появляющийся в результате добычи и переработки урановых руд, дает ожидаемую полувековую дозу 0,1 чел.-Зв на ГВт/г произведенной электроэнергии. При добыче и переработке урана ожидаемые полувековые дозы для жителей населенных пунктов и для населения района составляют, соответственно, 0,3 и 0,04 чел.-Зв на ГВт/г произведенной электроэнергии.

Производство ядерного топлива. При производстве топлива образуется сравнительно небольшое количество выбросов в атмосферу и водную среду. Большинство соединений урана — это твердые вещества, которые можно легко уловить из воздушных выбросов. Коллективная ожидаемая полувековая доза для населения составляет 0,003 чел.-Зв на ГВт/г произведенной электроэнергии.

Эксплуатация реакторов. За последние несколько лет доза облучения населения в результате эксплуатации реакторов постоянно снижалась, несмотря на увеличение установленных мощностей АЭС. Это отчасти связано с широким применением мер радиационной защиты на АЭС, а также с повышением эффективности эксплуатации реакторов.

Переработка ядерного топлива. Существует ряд промышленных предприятий по переработке отработавшего топлива, например, заводы в Ла Аг и Маркуль во Франции и в Селлафилде (бывший Уиндскейл) в Великобритании. Все эти установки перерабатывают лишь небольшую долю всего отработавшего топлива в мире. Остальное топливо находится в хранилищах до принятия в странах политических решений о его переработке. Долгоживущие нуклиды (например, углерод-14, тритий, криптон-85 и йод-129) представляют основную трудность при переработке жидких и газообразных отходов. Жидкие отходы заводов по переработке топлива дают основной вклад в полувековую ожидаемую дозу облучения, которая равна 1,27 чел.-Зв на ГВт/г произведенной электроэнергии.

Транспортировка радиоактивных материалов. Доза облучения жителей населенных пунктов и районов, по территории которых производится перевозка радиоактивных материалов ядерного топливного цикла, относительно мала. Полувековая ожидаемая доза облучения составляет около 0,1 чел.-Зв на ГВт/г произведенной электроэнергии.

Долговременные перспективы. В результате деятельности предприятий ядерного топливного цикла образуются радионуклиды с очень длительным периодом полураспада, которые сохраняются в биосфере тысячи лет. Если предположить, что эти радионуклиды будут создавать дозу в течение гипотетически бесконечного времени, то полувековая ожидаемая доза облучения составит 66 чел.-Зв на ГВт/г произведенной электроэнергии. Однако, лишь 10% всей дозы будет получено людьми в ближайшие 100 лет. В принципе, в очень дальней перспективе (например, в течение последующих 10 тыс. лет) экспозиционные дозы от радона, выделяемого хвостами переработки урановых руд, могут стать значительными и составить 150 чел.-Зв на ГВт/г произведенной электроэнергии.

Реальная обстановка после чернобыльской аварии

Глобальное радиационное облучение в результате чернобыльской аварии можно оценивать на основе собранной и проанализированной международными экспертами и советскими специалистами обширной информации по последовавшему за аварией выпадению радиоактивных осадков. В частности, НКДАР ООН совместно с ВОЗ и МАГАТЭ провели оценку глобального радиационного воздействия аварии на основе данных почти по 40 странам мира.

Данные по основным выброшенным радионуклидам говорят о большом разбросе в расчетных дозах облучения населения за пределами СССР. Предполагается, что в результате аварии население будет подвергаться облучению, в основном в течение ближайших 30 лет, большей частью в результате продолжающегося воздействия цезия-137. При этом даже самые высокие региональные полувековые ожидаемые дозы (около 1,2 мЗв), зарегистрированные для населения Юго-Восточной Европы, составят лишь небольшую часть 30-летней дозы (около 70 мЗв), которую люди неизбежно получат от естественного радиоактивного фона (см. рис. 6).

Дозы облучения, полученные в первый год после аварии, тоже относительно малы. В Европе дозы за первый год изменялись в пределах от 25 до 75% годовой дозы облучения от естественного радиоактивного фона. Меньшие дозы получило население стран Западной Европы и Азии, Северной Африки, а также Северной и Центральной Америки. Как и ожидалось на основе имеющегося опыта изучения распределения радиоактивных выпадений в результате испытаний ядерного оружия, радиоактивное загрязнение, по существу, не затронуло южное полушарие (см. рис. 7).

Помимо заверений в безопасности, которые содержатся в отчете НКДАР ООН [1,2] (см. раздел 1), в январе 1988 года Агентство по ядерной энергии (АЯЭ) Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР) опубликовало данные со своими оценками радиоактивного выпадения в странах ОЭСР (в основном в западноевропейских странах) в результате чернобыльской аварии. Их выводы состоят в том, что "... население стран ОЭСР вряд ли получило дозу облучения значительно выше годовой дозы облучения от естественного радиоактивного фона. Следовательно, авария не привела к какому-либо значительному увеличению среднего уровня риска последствий облучения за всю жизнь; количество возможных последствий облучения для здоровья (случаев рака и генетических последствий),

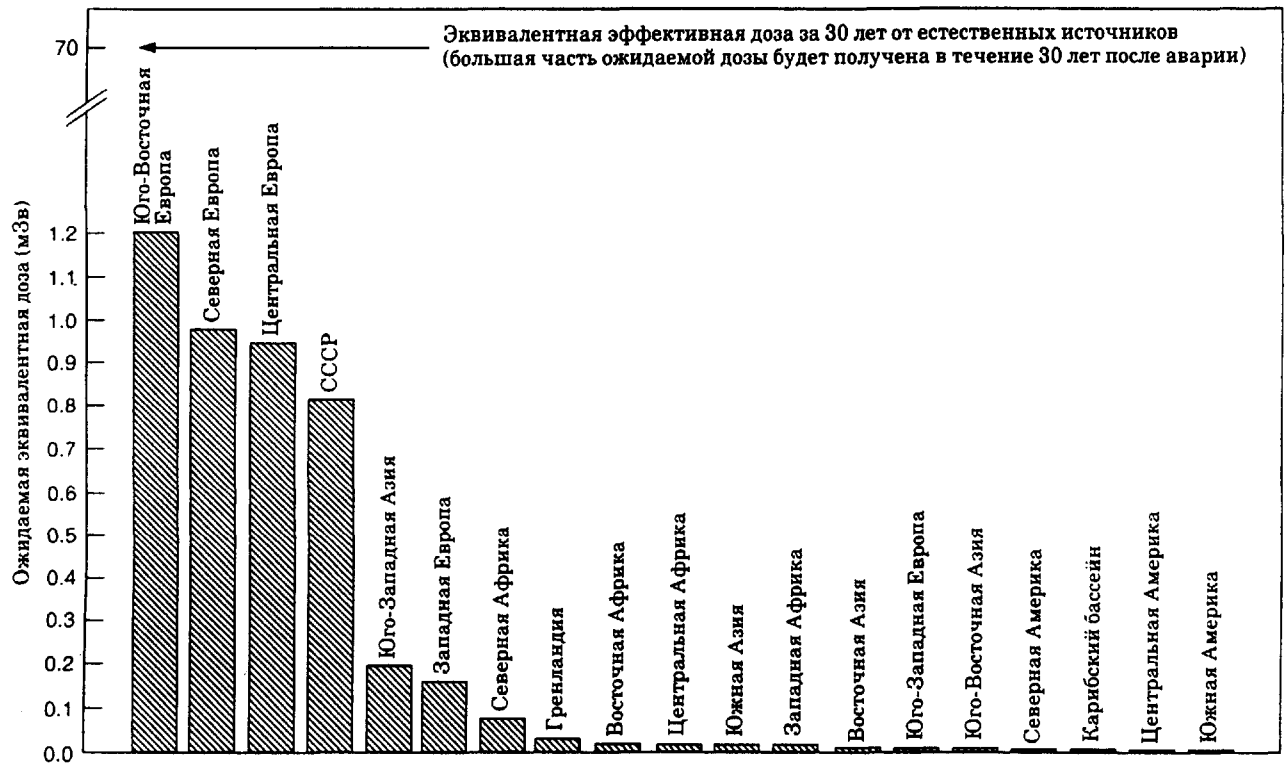


Рис. 6. Средние значения ожидаемой эквивалентной дозы по регионам вследствии аварии на Чернобыльской АЭС. [Источник: НКДАР ООН [2]]

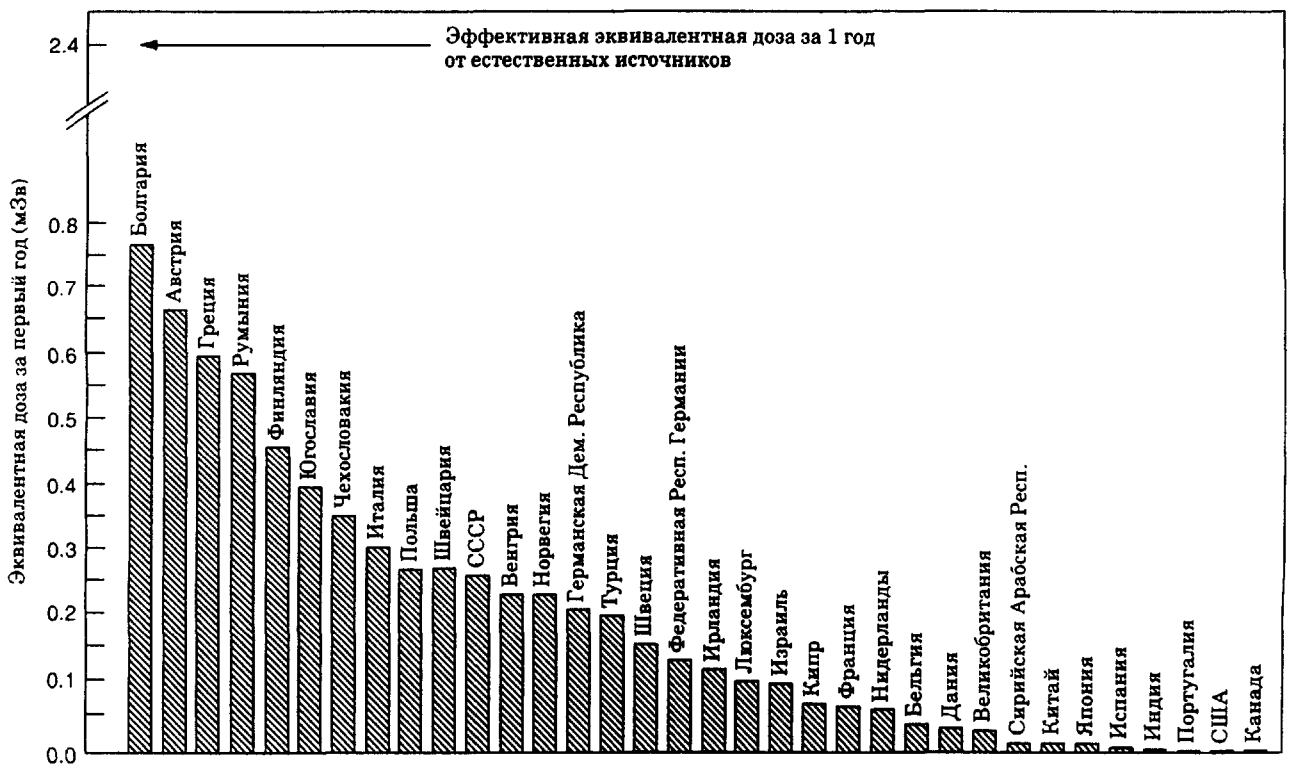


Рис. 7. Усредненные значения полувековой ожидаемой эквивалентной дозы за первый год для разных стран в результате аварии на Чернобыльской АЭС. [Источник: НКДАР ООН [2]]

которое может быть получено путем расчета коллективных доз, не будет существенно увеличивать фоновый уровень подобных случаев у населения''.

3.3. Краткий обзор

В результате проведения сравнительного анализа различных видов облучения в среде обитания человека была создана надежная база фактических данных. В нормальных условиях экспуатации вклад атомной энергетики в общий радиационный фон незначителен и на несколько порядков ниже индивидуальных доз облучения, получаемых от других источников. Будущие полувековые ожидаемые коллективные дозы облучения от работы АЭС при условии их нормальной эксплуатации, за исключением доз от долгоживущих радионуклидов, приведут к дополнительному облучению населения, соответствующему ежегодно одному дополнительному часу облучения от естественного радиационного фона. При учете же влияния долгоживущих радионуклидов (в основном углерода-14) полувековая ожидаемая доза будет эквивалентна немногим более полутора дням облучения от естественного радиационного фона.

Даже в исключительных случаях, каким является авария на ЧАЭС, полученная в последующие 30 лет *глобальная коллективная ожидаемая доза,* в основном от цезия-137, эквивалентна всего лишь 21 дню дополнительного облучения в год от естественного радиационного фона. (Однако, распределение индивидуальных доз в результате аварии было очень неравномерным.)

Широкое, повседневное использование излучений в медицинской диагностике является основным фактором, влияющим на изменение общего радиационного фона. Среднегодовая доза облучения в результате использования излучений в медицине, особенно при рентгеновских обследованиях, составляет 20–45% от среднегодовой индивидуальной дозы, получаемой за счет естественного радиационного фона. В принципе дозы облучения от использования излучений в медицине эквивалентны от 1,4 до 6,0 месяцам дополнительного облучения в год от естественного радиационного фона. (Следует отметить, что частота и интенсивность медицинского использования источников облучения весьма различна для различных групп населения; при этом некоторые отдельные лица получают дозу, вдвое превышающую дозу от естественного радиационного фона.) Более того, применение облучения в медицинских целях в течение ближайших нескольких десятков лет скорее всего расширится в связи с увеличением продолжительности жизни и улучшением медицинского обслуживания в развивающихся странах. Вероятно, к 2000 году коллективная доза увеличится на 50 %, а к 2025 году — удвоится.

В течение нескольких последних десятилетий на величину ожидаемой полувековой дозы оказывает влияние углерод-14 из-за проводившихся испытаний ядерного оружия в атмосфере. Если принять в расчет облучение людей от этого долгоживущего радионуклида, то ожидаемая коллективная доза будет соответствовать дополнительным 28 месяцам ежегодного облучения от естественного радиационного фона, а если не принимать в расчет — то 6 месяцам.

4. Выброс радиоактивных веществ в окружающую среду и пути облучения организма человека

Пути облучения человеческого организма в результате выброса радиоактивных веществ в атмосферу хорошо изучены с качественной стороны и имеется хорошее понимание относительной значимости отдельных путей. При наличии надежных количественных данных о различных происходящих при этом процессах возможно произвести точную оценку доз, поступающих по каждому из этих путей.

Пути облучения человеческого организма в результате выброса радионуклидов в атмосферу различны. По мере рассеяния радиоактивного шлейфа и переноса его преобладающими ветрами, человеческий организм подвергается облучению по двум основным направлениям: внешнему облучению от содержащихся в шлейфе радиоактивных веществ и внутреннему облучению в результате вдыхания воздуха, содержащего радиоактивные вещества. Затем концентрация радиоактивных веществ в шлейфе уменьшается в результате его рассеяния и переноса радиоактивных веществ на поверхность земли и в водоемы в условиях сухой погоды, при выпадении осадков и оседании тумана. Впоследствии человеческий организм может подвергнуться (или продолжает подвергаться) воздействию облучения и по другим путям, из которых три являются основными: внешнее облучение от осевших радиоактивных веществ как таковых; вдыхание радиоактивных веществ с воздухом в результате повторного пылеобразования и перенос через земную и водную среды радиоактивных материалов с по-

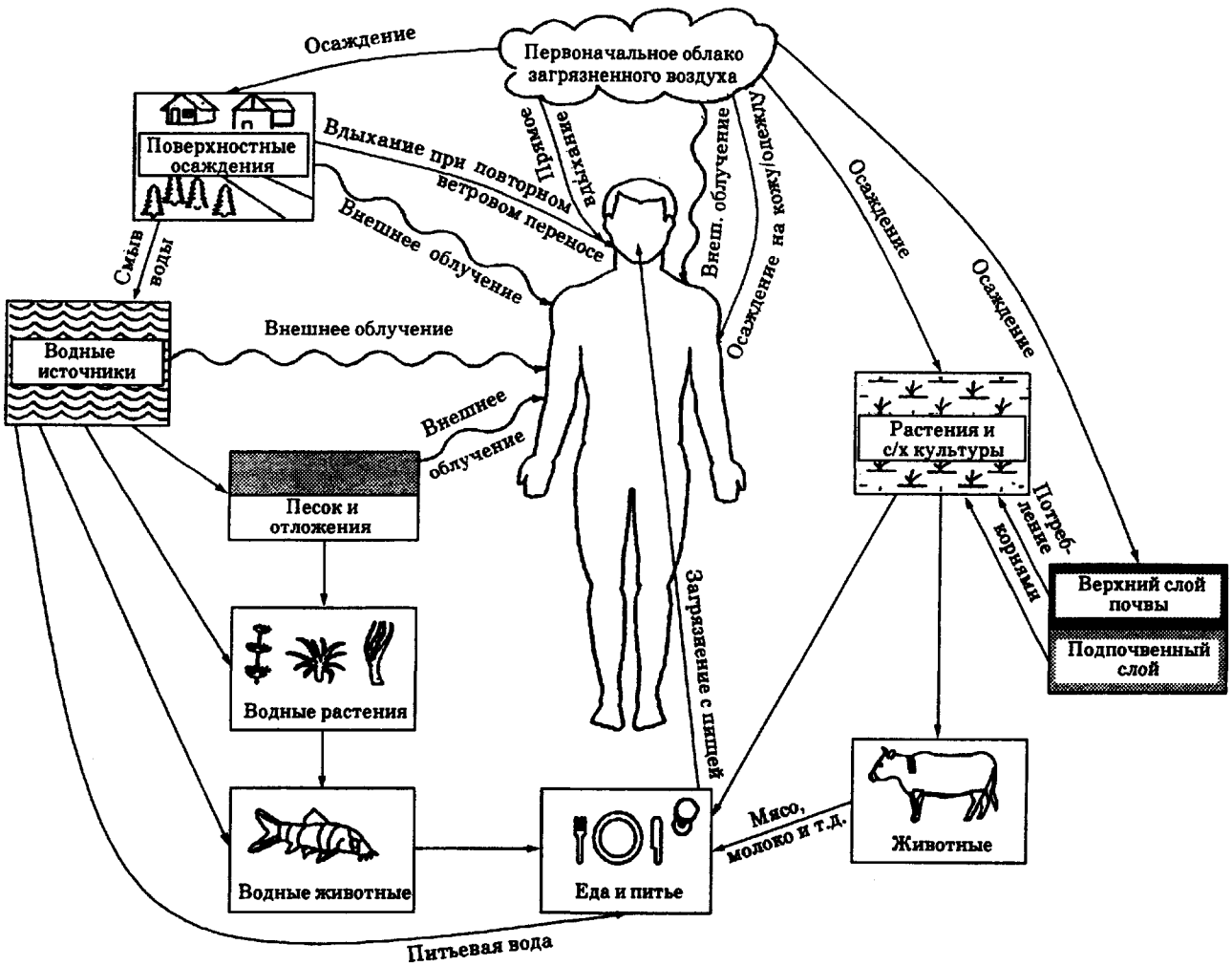


Рис. 8. Основные пути облучения человека из окружающей среды

паданием их в продукты питания и питьевую воду, что может увеличить внутреннее облучение.

На рис. 8 в весьма упрощенном виде показаны основные пути облучения человеческого организма в результате выброса радиоактивных веществ в атмосферу. Естественно, что в действительности каждый из этих путей имеет свои особенности, которые более подробно описываются в следующих разделах.

4.1. Рассеяние и осаждение радиоактивных веществ

Процессы рассеяния веществ в атмосфере с последующим осаждением из неё отличаются большой сложностью. Как только происходит выброс радиоактивного материала в атмосферу, турбулентные потоки перемешивают радиоактивные частицы и газы внутри расширяющегося шлейфа, который переносится в направлении ветра. Оба эти процесса описываются термином дисперсия, причем развитие процесса дисперсии зависит от направления ветра и его скорости, устойчивости погодных условий, а также от теплосодержания шлейфа, характерных особенностей местности и влияния морского побережья.

Затем диспергированное вещество может быть вовлечено в процесс образования осадков внутри облака, что приводит к его выпадению с осадками. Влажное осаждение может также произойти в результате взаимодействия между каплями дождя и диспергированным радиоактивным веществом, вызывая как бы вымывание радиоактивных веществ из шлейфа. В отсутствии осадков радиоактивные вещества могут высвобождаться из шлейфа под воздействием гравитационных сил, что приводит к контакту с земной поверхностью, растительностью или строениями в населенных пунктах городского типа. Вместе эти процессы называются сухим осаждением. Считается, что все радиоактивные вещества, за исключением инертных газов, удаляются из атмосферы за счет вымывания и сухого осаждения. Осаждение зависит от многих факторов, таких, как физико-химическое состояние веществ, характер поверхности при сухом осаждении и тип и интенсивность осадков при влажном осаждении.

4.2. Пути внешнего облучения

Аварийные выбросы радиоактивных веществ в атмосферу приводят к загрязнению воздуха и поверхности земли за счет процессов атмосферной дисперсии и осаждения. В самом деле, внешнее облучение от радиоактивных веществ, осажденных на поверхность земли, обычно является основным источником кратковременного и долговременного облучения в результате ядерной аварии.

В целом, дозы внешнего облучения зависят от распределения концентрации радионуклидов в проходящем шлейфе и последующего их осаждения на поверхность земли, от типа и энергии излучения каждого радионуклида и от прохождения излучения от источника к человеческому телу через различные среды. В подразделе 4.2.1 описаны основные особенности, присущие всем путям внешнего облучения. В последующих подразделах описываются отдельные пути облучения организма.

4.2.1. Общие принципы

Как уже было сказано в подразделе 2.2, радиоизотопы излучают альфа- и бета-частицы или фотоны или воздействуют комбинированно. Поскольку альфа-частицы быстро поглощаются даже слоем воздуха толщиной в несколько сантиметров, они не могут пройти большого расстояния и, даже если их источник расположен вблизи тела, они обычно не могут проникнуть сквозь поверхностный слой омертвевших клеток кожи. Поэтому альфа-частицы не представляют опасности с точки зрения внешнего облучения. Бета-частицы, прежде чем поглотиться, успевают пройти в воздухе расстояние в несколько метров. Поэтому величина дозы от бета-излучения зависит только от концентрации источника бета-излучения, расположенного вблизи отдельно взятого человека. Бета-излучение до полного поглощения может проникнуть в ткани организма максимально на глубину нескольких сантиметров, и поэтому оно представляет особую радиационную опасность для кожных покровов, а также для прилегающих к ним органов. Что касается фотонов и гамма-излучения, то они обычно могут пройти в воздухе расстояние в несколько сот метров и из-за своей высокой проникающей способности вызывают облучение всех тканей организма. Поэтому доза от воздействия гамма-излучения может зависеть от концентрации гамма-источника, расположенного даже на большом расстоянии от человека. Распределение дозы в организме при этом является гораздо более равномерным, чем при облучении от бета-источников, особенно при облучении фотонами высоких энергий. Известно, что проникающие фотоны являются наиболее сильным источником внешнего облучения организма, хотя бета-излучение

может вносить значительный вклад в облучение кожи.

Для оценки распределения индивидуальных доз среди облученного населения необходимо также принимать в расчет время, проведенное различными группами населения в разных условиях облучения (например, на открытом воздухе, внутри строений различных типов, транспортных средств), т. е. учитывать степень защищенности от воздействия внешнего облучения.

4.2.2. Внешнее облучение от воздействия радиоактивных веществ проходящего шлейфа

Величина внешней дозы от проходящего радиоактивного шлейфа зависит от пространственного и временного распределения радиоактивных веществ, от типа и энергии излучения, создаваемого каждым из радионуклидов, и от степени, в которой поверхностные ткани экранируют какой-либо орган тела от воздействия излучения.

Помимо этого, воздействие излучения ослабляется материалами, из которых построены здания или изготовлены транспортные средства, т. е. доза, получаемая на открытом воздухе, будет уменьшена на так называемый коэффициент экранирования, величина которого может изменяться почти от нуля (полное экранирование — нулевая доза) до единицы (отсутствие экранирования — доза на открытом воздухе). Различные исследования показали, что, например, во время эвакуации защита, обеспечиваемая автомобилями и автобусами, может значительно уменьшить мощность дозы. На территории городов окружающие здания также оказывают экранирующее воздействие. Следовательно, на величину дозы будет оказывать воздействие не только тип строения, но и тип населенного пункта.

Однако, в большинстве видов аварий этот путь внешнего облучения не дает основного вклада в общую дозу облучения. Это в особенности справедливо для чернобыльской аварии, и поэтому этот путь не рассматривается столь же подробно, как другие более значимые пути облучения.

4.2.3. Внешнее облучение от осевших на поверхности радиоактивных веществ

При оценке дозы от воздействия радиоактивных веществ, содержащихся в проходящем шлейфе, следует учитывать все высвобожденные нуклиды, являющиеся бета- и гамма-излучателями. Однако, при оценке дозы от радиоактивных веществ, осевших на поверхность земли, можно с уверенностью пренебречь вкладом инертных газов и бета-излучателей, потому что инертные газы не осаждаются на поверхность, а бета-излучение почти полностью поглощается неровностями земной поверхности, даже если это относительно гладкая асфальтированная поверхность дороги. Следовательно, необходимо принимать в расчет только гамма-излучение от осевших радионуклидов.

Радионуклиды осаждаются из шлейфа за счет процессов сухого и влажного осаждения; эти процессы, а также характер поверхности и степень защиты от облучения, обеспечиваемая каким-либо строением, приводят к разбросу получаемой дозы внешнего облучения.

После осаждения мощность дозы, получаемая на поверхности земли, будет уменьшаться благодаря распаду радионуклидов и уносу их с поверхности за счет естественных процессов (например, в результате проникновения радиоактивных веществ в почву, смыва осажденных веществ дождевыми осадками) или за счет механического воздействия. Существуют значительные различия между поведением радионуклидов, осевших на почву или сельскохозяйственные угодья, и поведением радионуклидов, осевших на менее проницаемые городские территории; различие в поведении радионуклидов зависит также от их физико-химической формы, процесса осаждения (сухой или влажный) и характера поверхности. (При авариях индивидуальная доза внешнего облучения может быть снижена за счет проведения дезактивационных мероприятий, например, за счет удаления или запахивания поверхностного слоя почвы, очистки строений и дорог. Наиболее важным фактором, влияющим в городских условиях на уменьшение дозы, является защита, создаваемая строениями и транспортными средствами. Однако, эффективность защиты, создаваемой зданиями, может быть уменьшена при осаждении радиоактивных веществ на их внутренние поверхности — стены, полы и потолки.)

4.2.4. Внешнее облучение за счет радиоактивного загрязнения одежды и кожных покровов

Отдельные лица среди облученного населения в зоне вокруг Чернобыльской АЭС могли подвергнуться непосредственному загрязнению за счет осаждения радионуклидов из проходящего шлейфа на одежду и незащищенные кожные покровы. Загрязнение поверхности тела могло произойти при нахождении людей на открытом воз-

духе из-за воздействия либо непосредственно радиоактивного шлейфа, либо дождя, прошедшего сквозь шлейф. В результате произошло как бета-, так и гамма-облучение людей.

Из-за низкой проникающей способности бета-излучение могло привести лишь к облучению поверхности тела (например, кожных покровов). Величина дозы на кожные покровы зависела от толщины слоя одежды и от расположения осевших радиоактивных веществ относительно органов тела. Гамма-излучение не ослабляется в какой-либо значительной степени слоем одежды, что приводит к относительной однородности поля облучения. (При аварии значимость этого пути внешнего облучения зависит от объема и времени начала проведения таких дезактивационных мероприятий, как переодевание и мытье людей.)

4.2.5. Внешнее облучение из-за попадания радиоактивных веществ в воду

Загрязнение водоёмов может быть вызвано непосредственным выбросом радионуклидов, путем их осаждения или в результате стока в водоёмы во время или после выпадения осадков. Внешнее облучение организма из-за находящихся в воде радиоактивных веществ может иметь место при купании, нахождении на берегах рек и озёр или в лодках.

4.3. Внутреннее облучение. Пути поступления радионуклидов

Ниже приведены стадии определения внутреннего облучения организма человека после выброса радионуклидов в атмосферу:

Выброс
↓
Дисперсия в атмосфере
↓
Концентрация в материалах окружающей среды
↓
Поступление радионуклидов в организм человека
↓
Внутреннее облучение

Начальными точками определения внутреннего облучения человека являются концентрация радионуклидов в воздухе и количество радионуклидов, выпавших в конкретном месте на почву. Следующий этап заключается в оценке переноса радионуклидов в материалы окружающей среды, поступающие в организм человека, т. е. воздух, пищу и воду. В некоторых случаях такая оценка носит простой характер, например, при ингаляционном поступлении радионуклидов из воздуха проходящего радиоактивного облака; вместе с тем, существуют различные среды, через которые радионуклиды проникают в организм человека (например, почва → трава → крупный рогатый скот → молоко → организм человека). После определения концентрации радионуклида в конкретном материале окружающей среды необходимо установить количество данного материала, попавшего в организм человека перорально или ингаляционным путем, чтобы выявить общий объем поступления в организм интересующего радионуклида данным путем. И в заключение. Нужна дозиметрическая модель определения дозы внутреннего облучения, обусловленная поступлением данного радионуклида.

Пероральный и ингаляционный пути поступления радионуклидов в организм человека являются основными. Поступление через кожу — это еще один возможный путь. Химические элементы очень редко поступают в организм через неповрежденную кожу, поэтому единственным радиоактивным веществом, которое, как правило, проникает в организм человека данным путем, является обогащенная тритием вода. Все остальные вещества могут проникнуть только через порезы и ссадины и могут привести только к локальному облучению тканей вокруг точки внедрения. При оценке последствий аварийных выбросов поступление радиоактивного материала в организм через кожу имеет незначительное значение и в дальнейшем не будет учитываться.

В последующих параграфах рассматриваются основные пути поступления радионуклидов в организм человека, а именно: ингаляционным путем или с пищевыми продуктами после радиоактивного выброса в атмосферу.

4.3.1. Ингаляционное поступление радионуклидов

Радионуклиды могут вдыхаться непосредственно из воздуха после их поступления в него из радиоактивного облака по мере его прохождения или в результате вторичного ветрового переноса. Первый фактор представляет интерес только в момент прохождения облака и является важным кратковременным путем поступления радиоактивности в организм после аварийного выброса. В отличие от этого ветровой перенос может наблюдаться в течение длительных периодов времени.

Простую оценку прямого ингаляционного поступления радионуклидов из облака можно провести, умножив значение предполагаемой концент-

рации в воздухе в конкретной точке на скорость ингаляционного поступления. Кроме того, концентрация радиоактивных веществ внутри зданий обычно ниже концентрации на открытом воздухе, поэтому при оценке доз, полученных в результате ингаляционного поступления радионуклидов в организм, необходимо учитывать время пребывания людей внутри зданий, нахождение в укрытиях и степень обеспечиваемой ими защиты.

Кроме того, частота дыхания зависит от возраста и комплекции человека, а также от того, занимался ли он в этот момент физическим трудом или отдыхал; даже у людей, занимающихся аналогичной деятельностью, она будет различной.

Вторичный ветровой перенос выпавших на почву радиоактивных веществ может произойти в результате ветрового воздействия или деятельности человека, например, при проведении земляных работ или вспашке. Степень вторичного ветрового переноса радиоактивных веществ с различных поверхностей зависит от многих факторов, например, характера и возраста выпавших веществ, физических характеристик поверхности и силы ветра. Степень вторичного ветрового переноса мелких частиц с сухой поверхности выше, чем при переносе с мокрой поверхности, особенно если речь идет о сельскохозяйственных угодьях. Вторичный ветровой перенос, вызванный механическими операциями, окажет воздействие только на людей, находящихся в непосредственной близости, и не играет существенной роли при оценке радиационного воздействия на большие группы людей.

Ингаляционное поступление переносимых ветром радиоактивных веществ обычно обусловливает лишь незначительную часть общего радиационного воздействия при выбросах радионуклидов с тепловых реакторов, как это было в случае аварии на Чернобыльской АЭС. Поэтому, при проведении оценок доз облучения его, как правило, не принимают во внимание. Однако, в районах выпадения значительных количеств актинидов (например, плутоний-239) может возникнуть необходимость в его учете. В таких районах ингаляционное поступление радионуклидов обусловливает значительно более высокие дозы облучения, чем при поступлении с пищевыми продуктами, когда внешнее облучение не имеет существенного значения.

4.3.2. Поступление радионуклидов с продуктами питания

Перенос выпавших на почву радионуклидов может происходить по земляным и водным пищевым цепочкам. Пресноводные пищевые цепочки, как правило, имеют второстепенное значение при определении последствий аварийных выбросов радионуклидов в атмосферу. Однако, в конкретных обстоятельствах может возникнуть необходимость во введении ограничений на использование воды или потребление пищевых продуктов водного происхождения.

Перенос радионуклидов по земляным пищевым цепочкам является важным путем облучения при оценке его долговременных экономических последствий и последствий для здоровья людей. Здесь задействовано большое число процессов, и многое зависит от характеристик радионуклидов и конкретной среды.

В случае выпадения радионуклидов из атмосферы на сельскохозяйственные угодья может происходить захват радиоактивных частиц лиственным покровом и растениями, а также их частичное осаждение на почву. Благодаря естественным потерям, например, атмосферному воздействию, поверхность очищается от радиоактивного материала, причем период полувывода составляет от нескольких дней до нескольких десятков дней. Выпавшие на поверхность радионуклиды могут частично абсорбироваться и переноситься в другие части растения; этот процесс известен как транслокация и имеет гораздо более существенное значение в случае выпадения некоторых нуклидов, особенно цезия, по сравнению с другими радионуклидами, например, плутонием. Захват, удержание и транслокация являются доминирующими факторами в процессах переноса в течение первых недель после аварийного выпадения при условии, что оно произошло в вегетационный период.

Находящиеся в почве радионуклиды могут абсорбироваться через корневую систему растения и переноситься в его съедобные части. Уровень поступления радионуклидов через корневую систему в значительной степени зависит от конкретного элемента и его химической формы, а также вида растения и типа почвы. Поступление радионуклидов через корневую систему является важным процессом в радиоактивном загрязнении растения в более отдаленной перспективе в случае снижения уровня прямого радиоактивного загрязнения поверхности. Следовательно, это имеет большое значение в случаях радионуклидов с более длительными периодами полураспада (превышающими несколько месяцев), а именно стронция и цезия. Кроме того, радиоактивное загрязнение растений может происходить в результате процессов вторичного ветрового переноса выпавших на почву радионуклидов или их разбрызгивания дождевыми осадками. Непосредственно после выпадения радионуклидов эти

пути не имеют большого значения по сравнению с процессом прямого атмосферного загрязнения. В более отдаленной перспективе они становятся важными только для мало растворимых в почве радионуклидов, которые, таким образом, практически не поступают в растения через корневую систему, как, например, плутоний.

Мигрируя вниз по почвенному столбу, радионуклиды покидают корневую систему и корнеобитаемый слой. В некоторых случаях биохимические изменения почвы приводят к интенсивному распаду находящихся в ней долгоживущих радионуклидов, в результате чего может измениться скорость их абсорбции корневой системой растения. Фиксация цезия частицами глины в некоторых видах почв является хорошо известным примером такого процесса, когда поступление радионуклидов через корневую систему резко снижается в некоторых видах почв.

Перенос радионуклидов через организм животных представляет собой еще один важный путь поступления, который может привести к облучению человека. Наиболее изученным путем является поступление радионуклидов по цепочке пастбище—корова—молоко. Это очень важно, т.к. для прокорма коровы требуется относительно большая площадь пастбища, что обусловливает значительное поступление отложившегося на почве материала. Кроме того, другим важным путем облучения является перенос радионуклидов из травы пастбищ или других кормовых растений в организм различных видов крупного рогатого скота, а с его мясом — в организм человека, особенно при выпасе крупного рогатого скота на пастбищах. Наиболее важным путем поступления радионуклидов в организм животных является потребление загрязненной травы или кормового растения. К числу других возможных путей поступления радионуклидов относятся поставки загрязненной воды, ингаляционное поступление из атмосферы, а также случайное потребление загрязненной почвы. Эти пути обычно имеют меньшее значение по сравнению с прямым поступлением радионуклидов в организм с кормами. Ингаляционное поступление, вероятно, будет иметь существенное значение только в случае поступления определенного типа нуклидов; речь идет о случаях, когда через стенки кишечника в организм поступает лишь небольшое количество радиоактивного материала. Случайное потребление этими животными в пищу загрязненной почвы может иметь большое значение после завершения процесса выпадения радионуклидов, но только тех, которые поступают из почвы через корневую систему растений в недостаточном количестве.

Другим важным фактором является удаление радиоактивного материала во время приготовления и переработки пищевых продуктов. Значительная часть материала, находящегося на поверхности сельскохозяйственных культур, удаляется в ходе подготовительных операций, например, при срезании верхних листов и мытье или во время таких процессов, как помол и производство муки из зерна. В продукции молочной промышленности концентрация радионуклидов значительно колеблется в зависимости от типа конечного продукта (например, в масле, произведенном из загрязненного молока, практически отсутствует радиоактивный цезий). Изменение технологии переработки пищевых продуктов действительно является важной защитной мерой, предпринимаемой для уменьшения радиационного облучения населения.

На перенос радионуклидов по наземным пищевым цепочкам после аварийного выброса радиоактивности будет оказывать влияние общепринятая практика ведения сельскохозяйственных работ и потребления пищевых продуктов, а также вышеописанные физические процессы. Такая практика может привести к значительному изменению модели переноса в зависимости от времени года, когда произошел выброс. Например, аварии, которые произошли в летний вегетационный период, когда животные могут находиться на пастбищах, приведут к более сильному радиоактивному загрязнению пищевых продуктов по сравнению с авариями, произошедшими зимой, когда многие поля находятся под паром, а животные находятся внутри помещений. Анализ влияния времени года на последствия аварийных выбросов для сельского хозяйства действительно помог выявить сильные сезонные колебания как в масштабах необходимых защитных мер, так и в степени воздействия радиации на здоровье людей, обусловленные употреблением пищевых продуктов местного производства.

Значения концентрации радионуклидов в представляющих интерес пищевых продуктах зависят от моделей пищевых цепочек: для определения поступления радионуклидов в организм человека содержание радионуклидов в продуктах питания необходимо умножить на количество этих продуктов в дневном рационе.

4.3.3. Внутренняя дозиметрия

В отличие от внешнего облучения, которое прекращается сразу же после удаления источника излучения, внутреннее облучение, обусловленное поступлением в организм радиоактивных материалов, носит длительный характер. Дозы ради-

ационного облучения различных органов человеческого организма в результате поступления в него какого-либо радионуклида зависят от многих факторов, включая физическую и химическую форму данного нуклида, тип излучения, а также особенности обмена веществ конкретного человека. В целях определения механизмов распространения и удержания радионуклидов в человеческом организме необходимо иметь модели и данные по обмену веществ. В конкретном случае распределения радионуклидов нужно провести оценку облучения отдельных органов и тканей, обусловленного ядерными преобразованиями, происходящими внутри самого органа и в окружающих органах. Поглощенная доза в органах-получателях и органах-источниках зависит от физических свойств радионуклидов, а также от размеров и расстояний между различными органами.

В случае ингаляционного поступления с помощью моделей, используемых для прогнозирования поведения радионуклидов, проникающих в организм человека, определяется количество радиоактивного материала, осевшего на различных участках дыхательных путей, время его удержания там, а также количество материала, переносимого в другие органы при циркуляции жидкостей в организме. Аналогично поступлению радионуклидов с пищевыми продуктами их перенос по желудочно-кишечному тракту анализируется вместе с количеством материала, проникающего через стенки тракта в кровеносную систему. Независимо от того, поступают ли радионуклиды в биологические жидкости через дыхательные пути или желудочно-кишечный тракт, оценка их последующего переноса в различные органы обычно проводится аналогичным образом. Радионуклиды осаждаются на различных органах и тканях и выводятся из организма вместе с выделениями. Характер осаждения и выведения радионуклидов из различных органов и тканей в значительной степени будет зависеть от конкретного элемента и его физической и химической форм.

Если радионуклид имеет дочерние нуклиды, необходимо сделать допуск на поглощенную дозу, обусловленную накоплением дочерних нуклидов в организме человека. Существует мало данных о том, будут ли дочерние нуклиды оставаться в организме в связанном с материнскими радионуклидами состоянии, вести себя так же, как они, или же дочерние нуклиды будут участвовать в собственных обменных процессах. Обычно считается, что за некоторыми исключениями (например, йодистые производные теллура) любые дочерние радиоактивные нуклиды, образовавшиеся в организме человека, участвуют в обменных процессах аналогично материнским радионуклидам.

В зависимости от массы тела и специфики обменных процессов наблюдаются значительные расхождения в дозах облучения отдельных лиц на единицу поступления радиации ингаляционным путем и с пищевыми продуктами. В частности, внутренняя дозиметрия в значительной степени может зависеть от возраста.

4.3.4. Конкретные случаи

В результате аварии на ЧАЭС в организмы людей, проживающих в районах радиационного воздействия, поступили радионуклиды, попавшие в окружающую среду с аварийным выбросом, включая цезий, йод, стронций и плутоний. Ниже дается краткое описание конкретных аспектов внутреннего облучения, полученного в результате воздействия этих радионуклидов.

Цезий

Цезий имеет два радиоактивных изотопа, имеющих важное значение с биологической точки зрения: цезий-137 с периодом полураспада 30 лет и цезий-134, период полураспада которого составляет 2,1 года. Наличие цезия-137 наиболее вероятно, т. к. он является основным продуктом деления, происходящего в урановом и плутониевом топливе. В течение нескольких последних десятилетий в рамках многих исследований изучалось радиобиологическое и метаболическое поведение цезия-137. Цезий и калий имеют одинаковые модели поведения в организме, включая распределение и участие в обмене веществ. Цезий растворяется в биологических жидкостях; при поступлении в организм с продуктами питания он быстро абсорбируется, почти равномерно распределяется по всему организму и в конечном счете выводится через почки; эффективный период полувыведения цезия из организма составляет от 70 до 110 дней. В организме детей биологический период полувыведения меньше и колеблется от 12 дней у младенцев до 57 дней у более взрослых детей, причем следует здесь же отметить, что в организме женщин он короче, чем у мужчин. Пероральный прием гексацианоферрата железа (берлинская лазурь), содержащего йоны гексацианоферрата, $[Fe(CN)_6]^{4-}$, в острых случаях является наиболее эффективным средством выведения радиоактивного цезия из организма человека. Как правило, к этому методу прибегают в случаях высоких доз облучения, полученных в результате поступления радионуклидов в организм с пищевыми продуктами. Такой метод терапии использовался при лечении нескольких

больных, пострадавших в результате радиологической аварии в Гоянии, Бразилия, в 1988 году [4].

Изучалось воздействие цезия на организм женщины в период беременности. Соотношение концентраций цезия в плоде и материнской плазме обычно равно 0,13; плацента по-разному реагирует на воздействие цезия и калия, при этом цезий в большей степени сдерживается при переносе к плоду. Эффективный период полувыведения цезия из плода равен приблизительно 7 дням. С точки зрения радиации весь организм человека является критическим органом; ожидаемая полувековая эквивалентная доза облучения всего тела равна 8,1 мЗв на МБк радиоактивности в организме. В старых единицах эта доза составляет 0,03 бэр на μКи цезия в организме.

Йод

Примерно половина из 20 радиоактивных изотопов йода встречается в виде продуктов деления. Йод-131 скорее всего является основным изотопом, приводящим к внутреннему облучению организма после аварии реактора, при которой происходит выброс свежих продуктов распада; однако, такие короткоживущие изотопы, как йод-132, йод-133, йод-134 и йод-135, период полураспада которых колеблется от 52 минут до 7 часов, могут вносить значительный вклад в облучение людей, находящихся в непосредственной близости от источника крупного выброса. Период физического полураспада йода-131 составляет 8 дней, а эффективный период полувыведения из организма человека приблизительно равен 7,6 дня.

Наиболее радиоактивные нуклиды йода, попавшие в окружающую среду во время аварийного выброса, растворимы и быстро абсорбируются в организме при ингаляционном поступлении, поступлении с пищевыми продуктами или через кожу. В биологических жидкостях равновесное состояние йода, поступившего в организм ингаляционным путем, наступает приблизительно через 30 минут. Средние значения обычного поступления йода-131 в щитовидную железу в течение 24 часов, как правило, составляют 10%–30% от общей пероральной дозы поступления радионуклидов. Причиной гипотиреоза и увеличения распространенности узелков щитовидной железы и рака могут быть большие поглощенные дозы. Профилактические меры по уменьшению облучения радиоактивными изотопами йода включают в себя контроль за пищевой цепочкой и прием йодистых соединений калия или натрия. Это приводит к насыщению щитовидной железы стабильным изотопом йода, в результате чего происходит блокировка щитовидной железы и прекращение поступления в нее радиоактивного йода. В случае незамедлительного приема блокирующего стабильного йода его эффективность может составить почти 100%. Однако, если его принять через шесть часов после облучения радиоактивным йодом, эффективность блокирования снизится до 50%.

Количество радиоактивного йода, которое приводит к развитию раннего гипотиреоза у больного с нормально функционирующей щитовидной железой, должно превышать $5,5 \times 10^9$ Бк/кг (150 μКи/г) расчетного веса щитовидной железы. По расчетам эквивалентная доза облучения щитовидной железы за счет поступления йода-131 равна 1755 мЗв/МБк (6,5 бэр/μКи).

Радиоактивный йод очень быстро проходит через плаценту, и щитовидная железа плода человека начинает накапливать йод примерно на 13-ой неделе беременности. В период между 14-ой и 22-ой неделями беременности поступление йода в щитовидную железу плода человека в процентном отношении выше, чем у взрослых людей, и колеблется в диапазоне 55%–75%.

Стронций-90

Стронций-90 является наиболее важным в радиологическом отношении радиоактивным изотопом стронция. У него очень длительный физический период полураспада (28 лет). Стронций-89 является побочным продуктом деления урана, и физический период его полураспада равен 51 дню. Опыт показывает, что в результате одноразового перорального поступления примерно 25% стронция абсорбируется межклеточной жидкостью (при ингаляционном поступлении примерно 1/3 поступивших радионуклидов абсорбируется межклеточной жидкостью), и примерно половина этого количества откладывается в костях. Стронций-90 испускает β-частицы и свои дочернии нуклиды и облучает кальсифицированную костную ткань и прилегающий костный мозг. Эффективный период полураспада стронция-90 равен примерно 15 годам. Имеется целый ряд методов, позволяющих уменьшить степень абсорбирования радиоактивного стронция, включая пероральный прием хлорида аммония, фосфата алюминия и/или сульфата бария. Кроме того, в острых случаях поступления значительных количеств радионуклидов с пищевыми продуктами используются альгинаты натрия. Очень небольшое число этих методов использовалось для снижения хронического поглощения стронция, если они вообще использовались. Ожидаемая эффективная эквивалентная доза облучения костей стронцием-90 равна

8600 мЗв на МБк содержания стронция-90 в костях (32 бэр/μКи).

Было проведено несколько исследований плацентарного переноса стронция в период беременности. И здесь отмечается некоторое расхождение в интенсивности переноса стронция-90 и кальция в соотношении 1:10; несмотря на это, стронций может легко проникать через плаценту.

Плутоний

Плутоний является металлом из ряда актинидов, который быстро окисляется и превращается в двуокись плутония (PuO_2) — соединение, которое наиболее вероятно будет оказывать воздействие после аварии на реакторе. Плутоний-239 является радиоактивным изотопом, радиобилогия которого вызвала наибольшую озабоченность. Физический период его полураспада равен примерно 24 000 лет; он испускает альфа-частицы высокой энергии, глубина проникновения которых в кости составляет 24 μм и 40 μм — в ткани. В силу того, что плутоний-239 в основном испускает альфа-частицы, он представляет биологическую опасность только в случае его поглощения и поступления во внутренние органы. Ингаляционный путь является наиболее распространенным путем поступления плутония в организм, приводящим к внутреннему радиоактивному загрязнению. Характер осаждения и удержания плутония в легких зависит от его физических и химических свойств, включая растворимость и размер частиц. Для мало растворимых частиц характерна высокая степень удержания в легких и лимфатических узлах. Период полуудержания плутония в легких составляет от 150 до 1000 дней. Если плутоний растворим или становится растворимым, он распределяется в организме человека следующим образом: 45 % скапливается в скелете, 45 % — в печени и 10 % — в других тканях. Период его полуудержания в организме человека равен примерно 200 годам, а периоды полуудержания в печени и костях предположительно равны 40 и 100 годам, соответственно. Был проведен целый ряд длительных исследований облучения в результате аварийного выброса плутония-239, и до настоящего времени не было зарегистрировано никаких статистически значимых данных об увеличении частоты возникновения опухолей. Однако, это не исключает некоторый элемент риска, связанный с воздействием плутония. Критическим органом, на который воздействует растворимый плутоний, является скелет человека; поглощенная доза составляет 8×10^6 мЗв на МБк содержания плутония в этом органе (30 000 бэр на μКи содержания плутония-239 в костях). Для выведения плутония, поступившего в организм в результате аварий, использовалась аэрозоль и внутривенное введение кальциевой соли диамин-триамин пентауксусной кислоты (DTPA). В настоящее время известно относительно небольшое число случаев увеличения скорости выведения плутония. Этот метод применяется для лечения больных, подвергнувшихся острому облучению вследствие относительно высокого содержания плутония.

5. Воздействие радиации на здоровье человека

Проводимые в течение почти ста лет научные исследования комплексного воздействия радиации на живую ткань человека помогли многое понять и сузить круг неясных вопросов в области радиобиологии человека. Это понимание пришло к нам в результате проведения многочисленных экспериментов на животных in vitro и in vivo, хорошо документированных эпидемиологических обследований людей, переживших атомные бомбардировки Хиросимы и Нагасаки в 1945 году, а также групп лиц, получивших относительно высокие дозы при проведении радиотерапии, во время аварий и на производстве. В теоретическую основу радиобиологии положена модель воздействия радиации на живую материю и ряд принципов, устанавливающих связь между количественными величинами модели и данными о последствиях облучения для здоровья, полученными в результате облучения животных и людей.

Проходя через ткани человека, ионизирующее излучение переносит энергию и ионизирует атомы (на клеточном уровне) в молекулах, которые играют важную биологическую роль в нормальном функционировании клеток. В процессе ионизации атомы и молекулы претерпевают неизбежные изменения, по крайней мере, кратковременные.

После ионизации оставшийся свободный электрон и ион или радикал вступают в химические реакции. Обычно происходит процесс рекомбинации. Однако, в ряде случаев свободные радикалы не рекомбинируются, а вступают в реакцию с другими химическими элементами несколькими

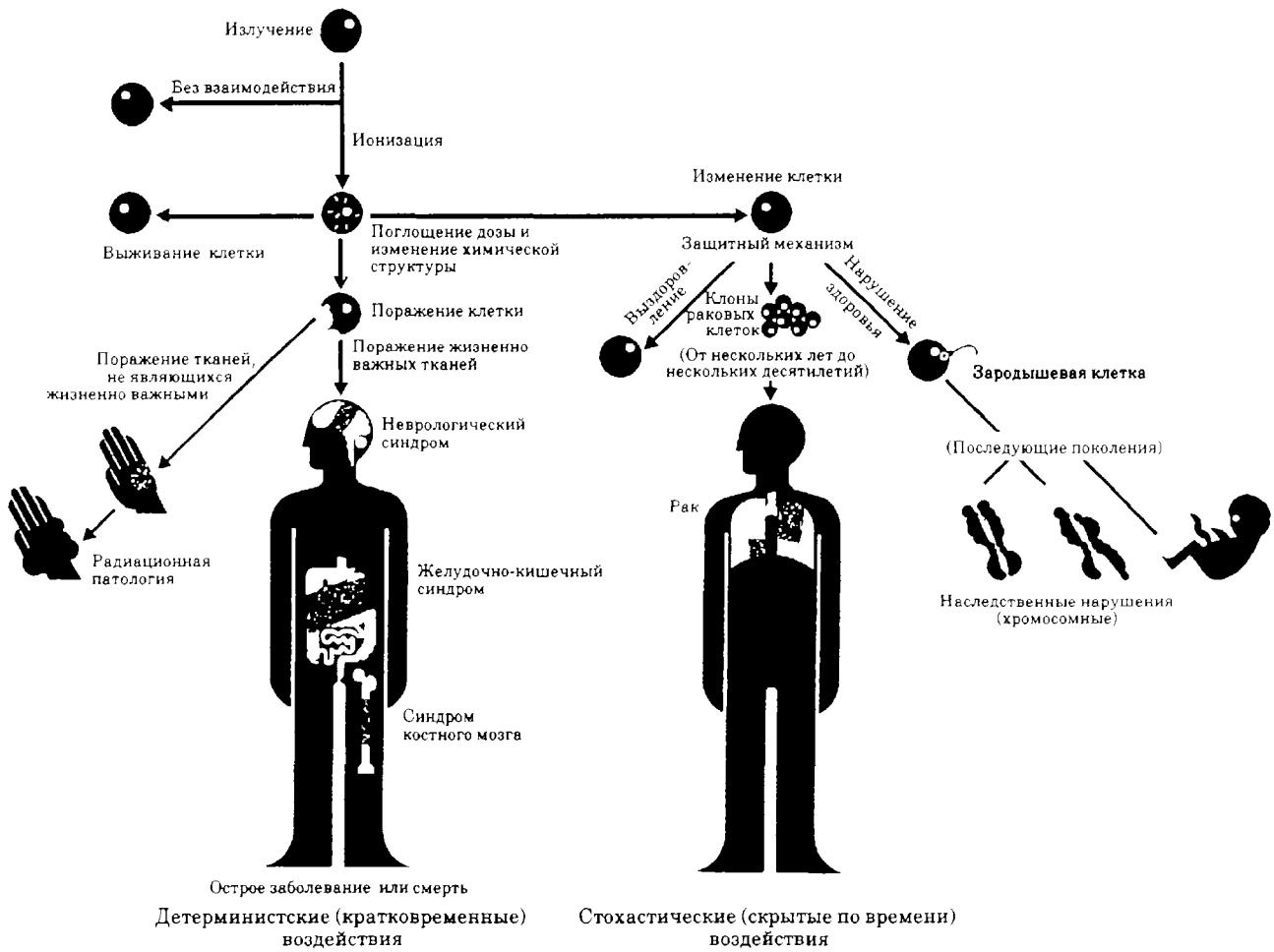


Рис. 9. Воздействие радиации на здоровье человека

способами. Это может вызвать инактивацию клеточных процессов или привести к взаимодействию с генетическим материалом. В большинстве интересующих нас случаев вопрос инактивации важен лишь тогда, когда генетический материал инактивируется или на него оказывается воздействие, т. к. благодаря этому можно контролировать структуры и функции клеток организма.

Таким образом, ионизация как результат облучения может иногда привести к повреждению клеток. Изменения такого рода обычно происходят на протяжении всей жизни человека в силу многих причин (облучение — одна из них). Как правило, организм человека способен соответствующим образом восстанавливать наносимый клеткам ущерб. Существует широко распространенное, но ошибочное мнение, что любая доза облучения организма наносит вред. В действительности это не так. Например, если ионизация и выделение свободного радикала воздействуют на отдельный белок внутри клетки, функциональных изменений не произойдет, поскольку клетка просто выработает другой белок. Совершенно очевидно, что даже если радиация воздействует на дезоксирибонуклиновую кислоту (ДНК) или генетический материал, то клетки способны восстанавливать односпиральные ДНК. Существует определенная зависимость этого процесса от времени; поэтому, если данная поглощенная доза облучения распределяется во времени, она наносит меньший ущерб по сравнению с дозой, полученной при остром лучевом облучении. Это объясняется тем, что при получении дозы в течение периода времени происходит не только восстановление поврежденных клеток в сублетальной фазе, но и образуется новая популяция клеток в результате их деления.

Если клетка повреждена и не восстановлена полностью, процесс ее выживания и деления может быть осложнен или это может привести к появлению живой, но измененной клетки. Оба этих эффекта имеют существенно различные последствия для организма в целом и вызывают

так называемые детерминистские или стохастические эффекты (см. рис. 9). Стохастические эффекты произвольны, т. е. носят случайный или статистический характер. Соматические последствия (т. е. последствия облучения для организма человека) и пренатальные последствия для эмбриона по своей природе могут быть детерминистскими или стохастическими. Наследственные последствия (т. е. последствия для потомства человека, подвергшегося облучению) являются по своему характеру стохастическими.

5.1. Детерминистские последствия

Гибель клеток не означает гибель организма человека, если на ткань или орган не приходится доза определенной пороговой величины, достаточно большой, чтобы остановить или уменьшить воспроизводство значительного количества живых клеток. Для большинства органов и тканей человека потеря даже значительного количества клеток неопасна, однако, если количество погибших клеток будет очень велико, то ущерб будет заметным, что указывает на потерю тканью своей функциональности. Если вместо погибших клеток не появляются новые, то довольно быстро после облучения проявится острое клиническое последствие для организма. Хотя начальное последствие облучения для жизни клетки является (на клеточном уровне) стохастическим по характеру, на уровне ткани последствие выглядит детерминистским: конкретная доза определяет тип воздействия на ткань, а прямая связь причины и следствия облучения для человека может быть подтверждена клинически. Вероятность последствия облучения для здоровья равняется нулю при дозах определенной пороговой дозы и резко возрастает до 100-процентной достоверности при дозах, превышающих эту пороговую дозу; при этом с увеличением дозы также возрастает и степень поражения.(Первоначально, детерминистские последствия называли нестохастическими.)(См. рис.10.)

Не все клетки организма одинаково радиочувствительны: обычно клетки, которые делятся быстрее, более чувствительны к облучению по сравнению с теми клетками, которые делятся медленнее или не делятся вообще. К числу клеток, обладающих высокой чувствительностью к облучению и быстро гибнущих под воздействием облучения, относятся лимфоциты, незрелые клетки костного мозга и кишечного эпителия. Менее чувствительные к облучению клетки включают клетки хрусталика глаза, слизистой оболочки желудка, пищевода, полости рта и клетки кожи. К клеткам средней чувствительности к

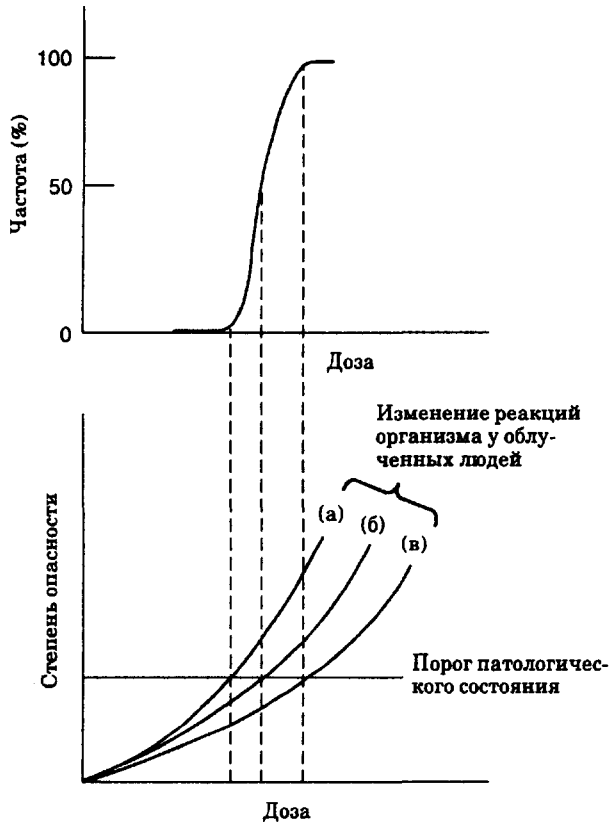


Рис. 10. Обычные соотношения между дозой и ее воздействием при детерминистских последствиях у населения. [Источник: МКРЗ [5]]

облучению относятся клетки печени, почек, легких, щитовидной железы и соединительных тканей. Зрелые эритроциты, соединительные ткани в мышцах, а также костные и хрящевые ткани и клетки нервной системы обладают низкой чувствительностью к облучению. Различная радиочувствительность на клеточном уровне естественно определяет разную радиочувствительность органов. Можно предполагать, что облучение человека на уровне поглощенной дозы около 1 Гр на все тело приведет к гибели только клеток с высокой радиочувствительностью. При увеличении дозы будут поражаться и другие виды клеток и органы, что изменит симптоматику у облученного человека.

Если поврежденная ткань играет жизненно важную роль, это может вызвать смерть человека. Если состояние здоровья отдельных людей и групп лиц, подвергшихся облучению, преморбидное, то заболевание разовьется в результате гибели меньшего числа клеток, чем обычно. Примерами детерминистских последствий являются эритема или покраснение кожи, угнетение костного мозга, радиационная катаракта и бесплодие.

Пороговой величиной дозы для временного бесплодия у мужчины при однократном облучении является поглощенная доза на яички около 0,15 Гр, а в условиях длительного облучения — 0,4 Гр/г. Соответствующие значения для стойкого бесплодия равны 3,5–6 Гр при остром облучении и 2 Гр/г при длительном облучении. Пороговой величиной для стойкого бесплодия у женщин является величина острой поглощенной дозы в пределах 2,5–6 Гр при однократном облучении или длительное облучение в течение многих лет дозой, которая превышает приблизительно 0,22 Гр/г.

Для клинически значимого угнетения кроветворного процесса в костном мозге пороговая поглощенная доза при однократном облучении составляет около 0,5 Гр; при длительном облучении в течение многих лет она составляет более 0,4 Гр/г. При отсутствии медицинской помощи доза, которая вызовет смерть половины облученных лиц в течение 60 дней в результате угнетения костного мозга в неоднородной группе населения при однократном облучении, равняется примерно 3–5 Гр.

Пороговая величина, которая через некоторое время вызывает помутнение хрусталика и приводит к ухудшению зрения, видимо, составляет 2–10 Гр при однократном рентгеновском и гамма-облучении. Считается, что пороговая величина мощности дозы при многолетнем облучении будет несколько выше 0,15 Гр/г.

В заключение следует отметить, что ученые достигли консенсуса относительно высоких доз облучения, получаемых в течение определенных периодов времени; эти дозы могут иметь детерминистские последствия, вызывающие острую лучевую травму. Детерминистские последствия наблюдались в результате атомных бомбардировок Хиросимы и Нагасаки и приблизительно ста аварий, связанных с радиационными источниками, которые были зарегистрированы за последние 40 лет. Эти события послужили подтверждением характера детерминистских последствий для здоровья людей, получивших очень высокие дозы. Смертельный исход неизбежен, если человек получает дозу на все тело около 6 Гр и выше в течение короткого периода времени. Дозы, равные приблизительно 3 Гр, могут быть летальными для примерно половины людей из числа облученного контингента населения, получившего лечение в недостаточном объеме или не получившего его вообще (средняя летальная доза). Для здоровых людей, получающих нормальное лечение, средняя летальная доза может составлять 5 Гр и достигать 9 Гр при очень интенсивном лечении. При дозах ниже 1 Гр вероятность детерминистских последствий практически равна нулю.

5.2. Стохастические последствия облучения

Последствия будут совсем другими, если облученная клетка не гибнет, а изменяется. Несмотря на наличие очень эффективных защитных механизмов, образование клонов клеток, появляющихся в результате воспроизводства изменившейся, но живой соматической клетки, может проявиться после продолжительного и различного периода времени, называемого латентным периодом, и привести к возникновению злокачественной опухоли — соматического рака.

Считается, что вероятность проявления соматического канцерогенеза под влиянием радиации возрастает по мере увеличения дозы, возможно, без пороговой величины, ниже которой вероятность равна нулю; таким образом, вероятность приблизительно пропорциональна дозе, по крайней мере для доз, которые намного ниже пороговых величин, при которых появляются детерминистские последствия. Степень тяжести заболевания раком не зависит от дозы облучения. Если поражена клетка, функция которой заключается в передаче генетической информации последующим поколениям, то любые последствия, многообразные по характеру, будут выражаться в воздействии на потомство пострадавшего лица в виде наследственных эффектов. Соматический канцерогенез и наследственные последствия облучения называются стохастическими последствиями. Короче говоря, считается, что претерпевшая изменение клетка может стать раковой: при дисфункциональном воспроизводстве она вырабатывает клон клеток, которые в последующем могут образовать злокачественную опухоль. Если клетка передает генетическую информацию, ее изменение может передаваться по наследству.

Могут потребоваться годы и даже десятки лет, прежде чем последствие изменения клеток можно биостатистически обнаружить (и эпидемиологически подтвердить) в виде увеличения числа злокачественных новообразований или серьезных наследственных отклонений в большой группе населения (а не у отдельных людей). Согласно современной радиобиологической теории процесс, ведущий к возникновению стохастического последствия облучения, может начаться при любой дозе, какой бы малой она не была; при этом вероятность заболевания пропорциональна полученной дозе. Эта модель называется линейной зависимостью "доза-эффект" без порогового значения.

Дозы облучения, полученные населением в результате аварии в Чернобыле, могут привести только к стохастическим последствиям, таким, как соматический канцерогенез и наследственные

последствия облучения. Такие дозы могут также иметь и пренатальные последствия, которые мы обсудим отдельно.

5.2.1. Соматический канцерогенез

Рак. Распространенное заболевание

В развитых странах, в которых продолжительность жизни в среднем составляет примерно 70 лет, около 20% случаев заболеваний с летальным исходом приходится на рак. Радиоактивное излучение является лишь одним из большого числа химических, физических и вирусных факторов, которые могут пока не совсем понятным образом вызывать заболевания раком. Распространение этого заболевания очень сильно колеблется по регионам: индустриализация, по-видимому, играет заметную роль в его распространении.

Радиоэпидемиология. Статистические данные

Большая часть биостатистических данных о радиационном канцерогенезе человека относится к лицам, которые подверглись облучению относительно высокими дозами, чаще всего при высоких мощностях доз облучения. Попытки количественно и достоверно определить распространение радиационного канцерогенеза в популяциях людей, подвергшихся облучению относительно небольшими дозами, сталкиваются с рядом объективных трудностей, включая естественное распространение рака, большое количество канцерогенных факторов, недостаток информации о механизмах возникновения раковых заболеваний, неизбежное облучение от естественного радиационного фона и чрезвычайно малую расчетную вероятность возникновения ракового заболевания при низких дозах облучения. (Эти трудности будут более подробно обсуждаться ниже.)

Обследование людей, переживших атомные бомбардировки в Японии в 1945 году, является наиболее ценным источником информации. С 1947 года Фонд изучения радиационных последствий, совместно финансируемый правительствами Японии и США, внимательно контролировал состояние здоровья более 100 000 людей, которые получили относительно высокие дозы облучения. Другие большие группы обследуемого населения охватывают около 200 000 человек, получивших высокие дозы облучения конкретных участков тела при лечении в больницах таких болезней, как остеохондроз позвоночника и рак шейки матки. Если данные по этой группе людей в течение всей их жизни являются неполными, то за период после облучения накоплены обширные данные. Всем людям, пережившим атомные бомбардировки, уже за сорок. Результаты обследований этих лиц указывают на статистически значимый рост смертности от лейкоза и различных солидных форм рака: в целом они показывают, что кроме приблизительно 20 000 людей (20%) этого населения, которые, по расчетам могли заболеть раковыми заболеваниями, примерно 1000 человек заболело раком, возможно, радиационной этиологии в результате бомбардировок.

Текущие оценки распространения онкологических заболеваний

Недавно НКДАР ООН пересмотрел свои предыдущие (от 1977 года) оценки риска повышенной смертности от рака в течение жизни для взрослых лиц, подвергшихся облучению от источников с низколинейным переносом энергии (ЛПЭ) при сравнительно высоких дозах и больших мощностях доз. Одной из причин увеличения расчетного риска является пересмотр данных дозиметрии для людей, переживших бомбардировки в Хиросиме и Нагасаки, увеличение периода наблюдения и прогресс в методологии учета различных причин смертности.

Если по нормам 1977 года увеличение риска (т. е. повышение нормальной вероятности заболевания раком около 20% в течение жизни) для среднего взрослого человека составляла 2,5% на зиверт полученной дозы при относительно высоких дозах и мощностях доз, то согласно текущим оценкам (1988 года) оно равно 4,5 и 7,1% на зиверт в зависимости от модели, используемой для прогнозирования заболеваемости раком в будущем среди лиц, переживших атомные бомбардировки, т. е. аддитивной (А) или мультипликативной (М) модели (см. рис. 11). (По определению, с помощью аддитивной модели рассчитывается величина ежегодного риска, возникающего после скрытого периода, которая затем остается постоянной во времени. Мультипликативная модель применяется для расчета избыточного риска после скрытого периода с использованием постоянного коэффициента в отношении роста естественных раковых заболеваний в зависимости от возраста в целом для населения.) На рис. 12 в условном виде проиллюстрировано применение аддитивной и мультипликативной моделей. На рис. 12 (в) изображены кривые, которые могут быть получены в случае использования более реалистических допущений. На

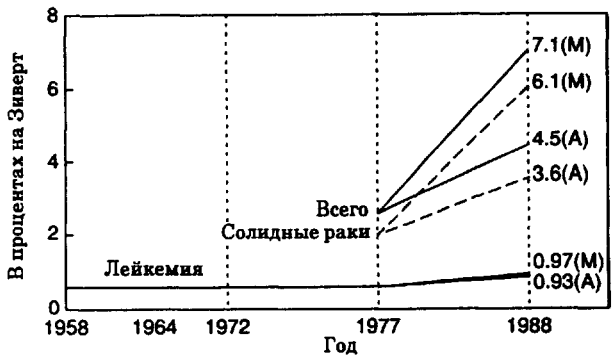


Рис. 11. Оценки НКДАР ООН по риску избыточных случаев смерти от рака, вызванного радиоактивным облучением. А: аддитивная модель; М: мультипликативная модель. [Источник: НКДАР ООН [2]]

рис. 12(а) с помощью простой аддитивной модели рассчитана избыточная обусловленная степень вероятности (смерти от рака) после получения однократной дозы D, которая, как считается, пропорциональна этой дозе, но лишь после минимального латентного периода и на протяжении всей длины "плато" во времени. На рис. 12(б) с помощью простой мультипликативной модели рассчитана избыточная обусловленная степень вероятности, которая, как считается, также пропорциональна фоновой степени вероятности смерти от рака B(u). Эти расчеты обычно применяются к дозам в диапазоне 0,5–1,0 Зв (хотя для некоторых видов рака и участков тела они применяются к дозам 0,2–0,5 Зв), обычно получаемых при больших мощностях доз.

Неопределенности

В оценке роста раковых заболеваний, вызываемых радиационным облучением, имеется, однако, несколько существенных неопределенностей. Одна из них заключается в том, что основная часть наблюдений связана с большими мощностями доз, которые усиливают биологические последствия при высоких дозах, потому что в этом случае в клетке за соответствующий период времени может произойти более одного ионизирующего эффекта. Таким образом, согласно используемой радиобиологической модели коэффициент риска фатального заболевания раком после облучения относительно низкими дозами при небольших мощностях доз меньше величин, полученных для больших доз при больших мощностях доз; вопрос о том, насколько он меньше, остается спорным. Поправочный коэффициент, содержащийся в публикации НКДАР ООН, сильно колеблется в диапазоне от 2 до 10, поэтому Комитет продолжает изучать этот важный вопрос. МКРЗ считает, что для доз, в отношении которых имеются данные прямых наблюдений, можно использовать поправочный коэффициент 2. Таким образом, Комиссия применяет этот коэффициент, уменьшая величину наблюдаемой вероятности стохастических последствий при

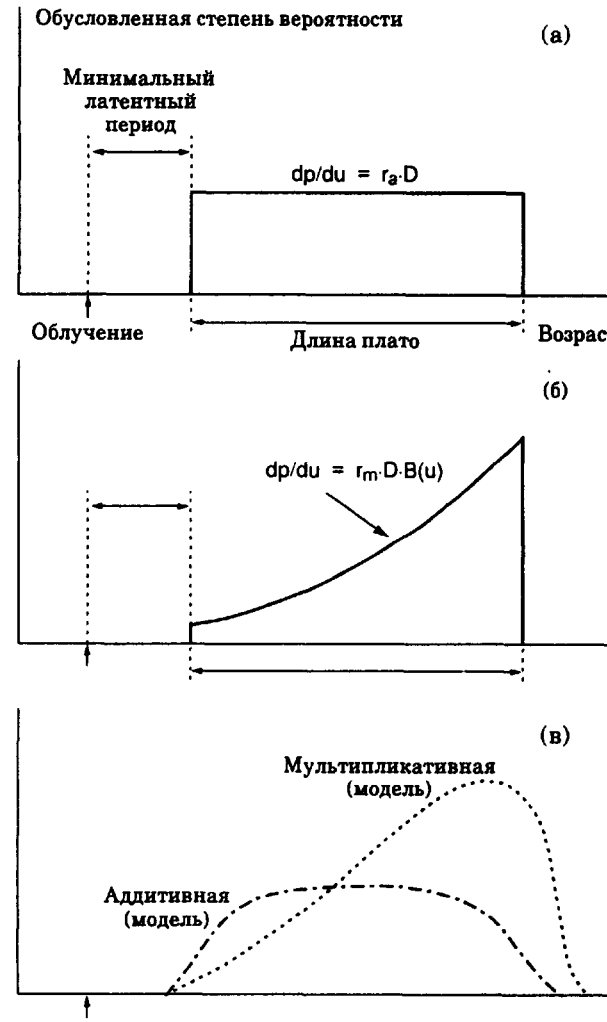


Рис. 12. Иллюстрация моделей прогнозирования вероятности смерти от рака в результате получения однократной дозы облучения D. (а) Простая *аддитивная* модель: считается, что избыточная обусловленная степень вероятности (смерти от рака) после получения однократной дозы D пропорциональна этой дозе, но лишь после минимального латентного периода времени и на протяжении всей длины "плато" по времени. (б) Простая *мультипликативная* модель: считается, что избыточная обусловленная степень вероятности пропорциональна также фоновой степени B(u) вероятности смерти от рака. p — это обусловленная степень вероятности смерти; r — это обусловленная степень вероятности смерти; u — это возраст. (в) Возможные кривые при более реалистичных допущениях. [Источник: МКРЗ [3]]

оценке последствий облучения малыми дозами при низких мощностях.

Результаты, наблюдаемые при больших дозах, можно использовать с некоторой долей уверенности для расчета риска при меньших дозах. Погрешность при экстраполяции невелика, потому что малые дозы от искусственных источников добавляются к неизбежным дозам от естественного фонового излучения. Последние дозы превышают 100 мЗв в течение жизни. По низким дозам в диапазоне примерно 200 мЗв имеются статистически значимые данные прямых наблюдений для людей из однородных групп населения, например, результаты исследований для лиц, переживших атомные бомбардировки.

Еще одна неопределенность связана с тем обстоятельством, что часть обследовавшегося контингента населения продолжает жить, поэтому конечное количество фатальных заболеваний раком, связываемых с облучением, приходится рассчитывать.

Наконец, существует неопределенность, связанная с переносом результатов наблюдений с одной этнической группы населения на другую. Что касается рака отдельных органов человека, здесь неопределенность значительна и, возможно, находится в пределах коэффициента 10; для общего числа всех видов рака она намного меньше. Маловероятно, чтобы общая радиочувствительность населения в какой-либо стране с высоким уровнем жизни отличалась от типичного показателя более чем на 30%.

В заключение, источниками неопределенностей являются:

— Коэффициент, на который необходимо уменьшить оценки вероятности фатальных случаев рака на единицу дозы, полученной при больших дозах и высоких мощностях доз, чтобы их можно было применять к малым дозам и небольшим мощностям доз.
— Расчет данных по группам населения, отдельные представители которого живут. После получения дозы облучения расчет выполняется в целях определения вероятности заболевания раком за всю жизнь.
— Перенос результатов наблюдений за одной группой населения на расчеты для различных этнических групп.

Совместное действие этих факторов вносит неопределенность в расчеты риска канцерогенных эффектов, что может привести к завышению оценки риска приблизительно в 3 раза. Маловероятно, чтобы при данных условиях занижалась оценка риска.

Таким образом, существует много мнений относительно оценки величины риска заболевания раком в результате лучевого воздействия облучения. Однако считается, что в отношении населения, получающего большие дозы при больших мощностях доз, необходимо использовать коэффициент вероятности фатального заболевания за всю жизнь для всех групп населения, включая детей, равный примерно 5×10^{-2} на зиверт для низких доз и малых мощностей доз. В упрощенном виде это означает, что если в неоднородной группе населения каждый человек получил дозу, равную одному зиверту, то 5% из их числа могут умереть от злокачественной опухоли, вызванной облучением. Эту цифру необходимо сравнить с показателем обычного уровня заболеваемости спонтанным раком, равным примерно 30% в большинстве наиболее развитых стран, а также с вероятностью смерти от рака, равной 20%.

Поскольку пороговая величина стохастических последствий для возникновения злокачественных опухолей неизвестна, то может наблюдаться некоторое увеличение числа случаев образования неоплазм (в течение следующих нескольких десятилетий) у лиц, проживающих в некоторых районах радиоактивного загрязнения в результате аварии на ЧАЭС. Степень такого увеличения будет зависеть от полученной дозы, а также от возраста человека в момент облучения, но она может быть недоступной для обнаружения (см. подраздел 7.3).

5.2.2. Генетические последствия

Значительная часть населения рождается с тем или иным видом врожденного генетического отклонения, которое будет оказывать на них влияние в течение всей жизни, причем они могут знать или не знать об этом. Наследственное отклонение может быть несущественным, или привести к серьезному заболеванию, или осложнять жизнь, как, например, в случае болезни Дауна, или серьезного умственного расстройства. Врожденные отклонения и другие болезни сложной этиологии охватывают основные группы наследственных отклонений, влияющих на благополучие людей. Наследственное отклонение может быть летальным для развивающегося организма — примерно 40% самопроизвольных абортов, происходящих у женщин, вызваны серьезными хромосомными отклонениями.

С учетом всего вышесказанного, по оценкам НКДАР ООН спонтанная распространенность всех видов наследственных отклонений у людей составляет почти 700 000 случаев (статистических) на один миллион родившихся живыми детей. Результаты других крупных исследований

Таблица 4

Вероятность появления серьезных наследственных нарушений, подсчитанная методом удвоения дозы после получения дозы 1 Гр от источника с малой мощностью излучения и низким ЛПЭ для взрослого населения. Удвоенной дозой считается 1 Гр. [Источник: [3]]

	Удвоенная доза (Гр)	Естественная предрасположенность к генетическим нарушениям (10^{-2})	Вероятность, вызванная радиацией (10^{-2}/Гр)		
			Первое поколение	Второе поколение	Все поколения
НКДАР ООН 1977 [6]	1	10,51	0,63	—	1,85
НКДАР ООН 1982 [7]	1	10,63	0,22	—	~1,50
НКДАР ООН 1986 [1] (исключая заболевания от нескольких факторов)	1	1,63	0,18	—	1,04
НКДАР ООН 1988 [2] (исключая заболевания от нескольких факторов)	1	~1,30	~0,18	0,14	~1,20
КБВИИ 1980 [8]	0,05–2,5	10,70	0,15–0,75	—	0,60–1,10
КБВИИ 1990 [9] (включая врожденные расстройства и исключая заболевания от нескольких факторов)	1	3,6–4,6	0,15–0,40	—	1,15–2,15

[a] КБВИИ: Комитет биологических воздействий ионизирующих излучений Национального исследовательского совета США.

указывают на еще большую цифру, которая означает, что люди рождаются с очень высокой вероятностью наличия того или иного наследственного отклонения.

Несмотря на то, что свойство радиации вызывать генетические последствия было подтверждено экспериментально на животных и растениях, получавших большие дозы облучения, пока еще отсутствуют эпидемиологические данные, указывающие на связь облучения любыми дозами с каким-либо серьезным наследственным отклонением у людей. Генетические и цитогенетические исследования, в рамках которых обследовалось почти 15 000 детей, родившихся в Японии у жителей, переживших атомные бомбардировки, пока не представили доказательств статистически значимого роста серьезных наследственных отклонений. Трудности, встречающиеся при изучении вероятности радиационно-индуцированных наследственных отклонений у людей в результате облучения, огромны, т. к. они связаны с необходимостью контролировать большое количество облученных и контрольных групп населения в течение многих поколений, а также в связи с тем, что такие последствия могут не отличаться от аналогичных последствий заболеваний, вызываемых другими причинами.

При отсутствии необходимых данных о контингентах населения единственным способом оценки наследственного риска для человека является принятие ряда разумных допущений и использование экспериментально полученных данных по другим млекопитающим, особенно по мышам. Обычно исходят из следующих допущений: (а) степень отрицательных последствий для наследственности человека, обусловленная конкретным видом облучения, является такой же для клеток зародыша человека, как и для клеток подопытных животных; (б) биологические и физические факторы одинаково воздействуют на степень отрицательных последствий как для подопытных животных, так и человека; (в) в случае низких доз и малых мощностей доз облучения при ЛПЭ существует линейная зависимость между дозой и повторяемостью серьезного наследственного отклонения.

НКДАР ООН использовал два в основном независимых друг от друга метода (метод удвоения дозы и прямой метод) расчета риска серьезных наследственных отклонений у человека в результате радиационно-индуцированных мутаций генов и хромосом. В целом, полученные результаты хорошо согласуются, учитывая наличие больших неопределенностей.

В табл. 4 приведены результаты оценки риска, полученные методом удвоения дозы. Оценки риска мутаций (которые сгруппированы таким образом, что включают в себя данные по мутации генов и хромосомных отклонений) оставались относительно постоянными в течение последнего десятилетия. Если раньше НКДАР ООН рассматривал такой риск с точки зрения радиационно-индуцированных врожденных заболеваний [1], то в своих последних отчетах он предпочитает не приводить результаты оценок в связи с наличием многих неясностей, касающихся механизмов профилактики этих отклонений у населения и возможной ответной реакции организма.

НКДАР ООН считает 1 Зв дозой облучения, которая требуется для удвоения числа случаев серьезных наследственных отклонений среди населения. Соответственно, облучение дозой в 1 Зв на поколение приведет к 12 000 случаев заболеваний с генными и хромосомными мутациями на один миллион родившихся живыми детей в равновесии и к 1 700 случаям в первом поколении. Фактор риска, определяемый НКДАР ООН для сильного воздействия облучения на наследственность, составляет около 0,5 % на зиверт.

Таким образом, трудно прогнозировать то воздействие облучения на наследственность, которое может проявиться в последующих поколениях после первого. Были проведены широкие и длительные исследования людей, переживших атомные бомбардировки в Японии, и их результаты говорят о том, что риск значительных последствий для наследственности намного ниже риска образования радиационно-индуцированных злокачественных опухолей. В докладе НКДАР ООН за 1986 год рассматривалось воздействие облучения дозой 1 Зв на поколение для многих поколений и был сделан вывод, что распространенность серьезного генетического заболевания на миллион родившихся живыми детей может составить около 12 000 случаев. Эту величину необходимо сравнить со спонтанной распространенностью только врожденных отклонений порядка 60 000 случаев на миллион и еще примерно 15 000 случаев других генетических отклонений.

В табл. 4 приведены расчетные вероятности сильного воздействия радиации на наследственность, взятые из последних рекомендаций МКРЗ [3].

5.3. Пренатальные последствия

Хотя в течение последних нескольких десятилетий были предприняты большие усилия для понимания последствий облучения на эмбриональных и утробных стадиях развития плода, причины, механизмы и распространенность вредного воздействия на здоровье в результате пренатального облучения остаются неясными. Данные обследования людей относятся, в основном, к исследованиям людей, получивших облучение при нахождении в утробе матери во время атомных бомбардировок Хиросимы и Нагасаки.

Несколько лет назад МКРЗ и НКДАР ООН сообщили о связанном с дозой увеличением распространенности серьезной умственной отсталости среди детей Хиросимы и Нагасаки, получивших облучение во внутриутробный период. Количество таких случаев невелико, но данные указывают на избыточную вероятность 0,4 при дозе 1 Зв, полученной в период между 8-ой и 15-ой неделями после зачатия. Результаты проверок коэффициента умственного развития (IQ-тест) детей, подвергшихся облучению на этапе внутриутробного развития, указывают на общую тенденцию к снижению умственных способностей с увеличением дозы — этот коэффициент уменьшается на 30 пунктов на 1 Зв дозы облучения, полученной в период внутриутробного развития между 8-ой–15-ой неделями после зачатия. Меньший сдвиг наблюдается в период между 16-ой и 25-ой неделями.

Такое уменьшение коэффициента умственного развития на 30 пунктов на зиверт дозы облучения согласуется с вышеупомянутой избыточной вероятностью серьезной умственной отсталости — 0,4 на 1 Зв дозы облучения. При дозах порядка 0,1 Зв невозможно обнаружить какое-либо воздействие на общее распределение коэффициента умственного развития, однако при несколько больших дозах последствия могут быть достаточно значительными, чтобы привести к увеличению случаев, классифицируемых как серьезная умственная отсталость. В результате конечная точка кривой серьезной умственной отсталости будет указывать на порог зависимости действия облучения от дозы, что и наблюдается в действительности. Специалисты МКРЗ полагают, что это явление носит детерминистский характер и имеет пороговую величину, связанную с минимальным сдвигом в коэффициенте умственного развития (IQ), который можно измерить. Таким образом, эта величина не принимается во внимание при определении воздействия облучения на здоровье в процессе принятия решений о мерах радиационной защиты. (На рис. 13 схематично изображено уменьшение коэффициента умственного развития после внутриутробного облучения.)

Что касается риска возникновения радиационно-индуцированного лейкоза и твердых форм рака в раннем детстве, то результаты исследова-

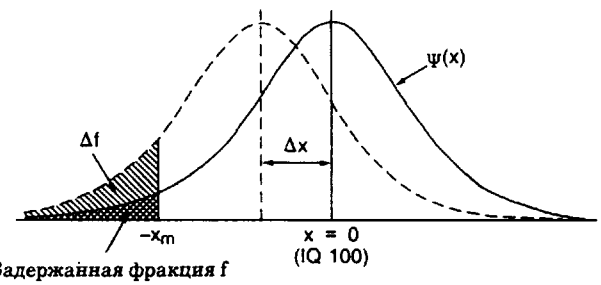


Рис. 13. Сдвиг кривой IQ (коэффициента умственного развития) вследствие внутриутробного облучения. Кривая сдвигается на 30 единиц IQ (т. е. 2σ, где σ — это стандартное отклонение) на зиверт, т. е. $\Delta x = 2H$, где H — эквивалентная доза в зивертах, а x обозначает число стандартных отклонений ниже IQ 100. x_m обозначает число стандартных отклонений ниже IQ 100, при которых индивидуум классифицируется как умственно отсталый; таким образом фракция f при IQ ниже 100 — $x_m\sigma$ характеризуется как отставание умственного развития. [Источник: МКРЗ [3]]

ний людей, переживших атомные бомбардировки Хиросимы и Нагасаки, а также исследований детей, чьи матери подверглись облучению во время медицинских обследований в период беременности, не согласуются. Нет данных о значительном числе избыточных случаев смерти в случае лейкоза или рака у детей первой группы или даже у детей из группы наибольшего риска, получивших дозу 0,5 Зв или более в период внутриутробного развития. И наоборот, исследования детей, подвергшихся внутриутробному облучению во время медицинских обследований, указывают на избыточные случаи заболевания детей раком и лейкозом на уровне, значительно превышающем спонтанную распространенность. Однако, многие считают результаты исследований лиц, подвергшихся облучению в ходе медицинских обследований, сбивающими с толку и пристрастными. Неполными остаются данные о росте избыточных случаев раковых заболеваний в более поздний период жизни людей, подвергшихся внутриутробному облучению в результате атомных бомбардировок в Японии, хотя имеются некоторые данные, позволяющие сделать предположение об увеличении распространенности раковых заболеваний в этой группе.

5.4. Воздействие "горячих" частиц

Противоречивым вопросом, связанным с аварией на ЧАЭС, является радиационный риск, обусловленный "горячими" частицами (небольшими частицами с высокой удельной радиоактивностью). По этой причине данный подраздел конкретно посвящен обсуждению воздействия "горячих" частиц на здоровье человека.

Применение радиобиологической модели канцерогенеза, описанной в подразделе 5.2.1, позволяет сделать прямой вывод о том, что риск индуцирования рака в целом нужно принимать пропорциональным числу облученных жизненно важных родоначальных клеток в конкретном органе или ткани. В случае равномерного распределения определенного количества радиоактивного материала в органе или ткани облучаются все родоначальные клетки, и риск индуцирования рака, таким образом, будет максимальным в данных обстоятельствах. Однако, если то же самое количество радиоактивного материала концентрируется в некоторых частях органа или ткани таким образом, что облучению подвергается только некоторая часть родоначальных клеток, риск индуцирования рака уменьшится пропорционально.

Исключительный случай неравномерного облучения органа или ткани происходит при поступлении в органы "горячих" частиц, например, в легкие или печень. В этом случае среднее число родоначальных клеток, облученных по всей ткани, будет значительно меньше числа клеток, облученных в непосредственной близости от "горячих" частиц, и, следовательно, риск индуцирования рака пропорционально ниже риска, обусловленного таким же уровнем равномерно распределенной радиоактивности. Фактическое число клеток, облучаемых "горячей" частицей, зависит от типа излучения, например, в случае воздействия "горячих" гамма- и бета-частиц оно выше по сравнению с воздействием "горячих" альфа-частиц. Следовательно, в соответствии с теоретическими прогнозами "горячие" частицы в органах или тканях можно рассматривать как обусловливающие меньший риск индуцирования рака по сравнению с таким же количеством радиоактивности, равномерно распределенным в этих органах или тканях. Результаты экспериментальных исследований, в частности альфа-частиц в легких, согласуются с этими прогнозами: высокие концентрации радиоактивного материала в "горячих пятнах" в органах или тканях обычно были менее канцерогенными, чем такое же количество материала, равномерно распределенного и обусловливающего однородную, но более низкую дозу.

Однако, "горячие" частицы могут образовывать вокруг себя участки некроза, если доза облучения клетки достаточно высокая, чтобы убить ее. Мертвые клетки не поддаются последующей клеточной трансформации, поэтому они не увеличивают риск заболевания раком, связанный с

Таблица 5

Сводные оценки вероятности воздействия на здоровье от облучения при низкой ЛПЭ [Источник: [3]]

Воздействие на здоровье	Население	Период облучения	Режимы облучения	Вероятность
Воздействие на умственную сферу				
Снижение IQ (коэф.умств.разв.)	Плод	8–15 недель беременности	Высокая доза, высокая мощность дозы	30 пунктов IQ/Зв
Сильная умственная отсталость	Плод	8–15 недель беременности	Высокая доза, высокая мощность дозы	40×10^{-2} при 1 Зв
Наследственные нарушения				
Сильные наследственные нарушения, включающие заболевания от многих факторов	Все население	Все поколения	Низкая доза, низкая мощность дозы	$1{,}0 \times 10^{-2}$/Зв
Рак				
Смертельные случаи рака (всего)	Профессиональные работники	В течение жизни	Низкая доза, низкая мощность дозы	$4{,}0 \times 10^{-2}$/Зв
Смертельные случаи рака (всего)	Все население	В течение жизни	Низкая доза, низкая мощность дозы	$5{,}0 \times 10^{-2}$/Зв

"горячими" частицами. В случае осаждения на кожу беспокойство вызывает повреждение кожных покровов в виде изъязвления или разрыва с последующей инфекцией, которая приводит к изъязвлению. Пороговая доза облучения для частиц диаметром 1 мм по расчетам составляет 70 Гр, измеряемых на площади в 1,1 мм^2, или примерно 1 Гр при усреднении на площадь 1 см^2 и глубину 100–150 μм. Однако, при дозах ниже 250 Гр язвы наблюдаются в течение определенного периода времени и исчезают менее чем через неделю. При таких дозах поддается обнаружению эритема большого участка кожи. Другие расчеты, основанные на числе испускаемых источником бета-частиц (которое приблизительно не зависит от энергии бета-излучения), дают основание предположить, что пороговые значения, по крайней мере для более выраженного и стойкого изъязвления, составляют приблизительно 10^{10} частиц или беккерель-секунду. Этот эмиссионный уровень соответствует дозе облучения около 5 Гр при усреднении на площадь 1 см^2 и глубину 100–150 μм, которая несколько выше указанных ранее пороговых значений.

Внимание многих экспериментальных исследований было сконцентрировано на альфа-излучающих частицах, и подробные результаты в основном содержатся в открытой научной литературе. МАГАТЭ приступило к реализации Программы координированных исследований воздействия "горячих" частиц, в частности бета-излучающих частиц, в которой в основном принимают участие лаборатории восточно-европейских стран. Цели программы включают в себя оказание содействия обмену уже имеющейся информацией и распространение исследований по бета-излучающим частицам. Ожидается, что лаборатории, принимающие участие в программе, подтвердят вышеприведенные выводы о более низком риске индукции рака "горячими" частицами по сравнению с риском при равномерном распределении радионуклидов.

В центре внимания подтверждающих этот вывод оценок, которые содержатся в данном отчете, будут находиться, таким образом, не "горячие" частицы, а радиоактивное загрязнение, которое предположительно может равномерно инкорпорироваться в органы и ткани. Например, в ходе работы, подтверждающей загрязнение окружающей среды (смотри Часть Г), скорее исследовалось среднее загрязнение макроплощадей и материалов, а не корпускулярное загрязнение.

При исследовании полученных доз облучения исходили из четкого предположения, что радиоактивность равномерно распределяется в соответствующих органах и тканях, и это предположение разумно использовать в целях радиационной защиты.

5.5. Краткое изложение расчетных вероятностей воздействия облучения

Расчетные вероятности воздействия облучения, содержащиеся в последних рекомендациях МКРЗ [3], представлены в табл. 5.

6. Экологическое воздействие радиации на другие виды живых организмов, кроме человека

6.1. Введение

Воздействие ионизирующего излучения проявляется на всех уровнях биологической организации, начиная с молекулярного уровня и заканчивая экосистемами. Воздействие излучения на всех более высоких уровнях биологической организации можно проследить до уровня реакций на молекулярном и клеточном уровнях. Однако, реакции на молекулярном и клеточном уровнях не обязательно приводят к видимому воздействию на уровне человека, населения или экосистемы. Что касается людей, то полученные нами значения в значительной степени сфокусированы на отдельных лицах, т. к. считается, что отдельные лица имеют большую ценность и значение. И наоборот, большинство других биологических видов рассматриваются и оцениваются скорее как популяции, чем поддающиеся распознаванию отдельные представители вида. Вообще, для того, чтобы произошли поддающиеся измерению изменения в популяциях и сообществах (группах популяций), необходимо довольно сильное воздействие на многие отдельные организмы на клеточном уровне. Для изменения структуры биотического сообщества необходимо, чтобы изменились входящие в его состав популяции, что, в свою очередь, возможно только в случае широкомасштабной гибели или снижения воспроизводства отдельных представителей сообщества. С другой стороны, генетические или соматические мутации, которые могут произойти при более низких уровнях облучения, могут оказать незначительное воздействие на природу популяции (или не оказать его совсем) или сообщества в силу естественного отбора и конвергенции генетической информации между соседними популяциями.

Многие исследования были направлены на изучение острого облучения отдельных организмов, связанного с патологическими изменениями. Высокая стоимость и трудности в проведении значимого исследования воздействия радиации на популяции и сообщества растений и животных в их естественной среде обитания исключают возможность предоставления информации по большому числу видов и типов сообществ.

6.2. Воздействие на земные растения

В случае высоких доз облучения воздействие радиации на отдельные растения проявляется в виде отклонений по форме или внешнему виду, замедления роста или снижения урожайности, потери способности к воспроизводству, увядания и гибели. Что касается растительного сообщества, то к числу изменений, которые наблюдались при воздействии ионизирующего излучения, относится физиогномия (форма роста), видовой состав, видовое разнообразие, а также растительный покров и продуктивность. В табл. 6 в краткой форме представлено большинство имеющихся данных о сообществах земных растений. Из таблицы видно, что растительные сообщества обладают в значительной степени различной радиочувствительностью. Среди исследовавшихся сообществ наиболее радиочувствительным, по-видимому, является сосновый лес — суммарная пороговая доза, равная приблизительно 3 Гр, приводит к изменениям в коэффициенте общности (см. табл. 6). Необходимо отметить, что в смешанном с преобладанием дуба и сосны лесу, в котором сосна снова была наиболее радиочувствительным видом, мощность дозы $< 0{,}5$ Гр/д не влияла на величину коэффициента общности в течение 18 месяцев. Однако, при уменьшении мощности дозы до приблизительно 20 мГр/д наблюдалось заметное изменение в образовании лесной подстилки и листопаде. Другие сообщества, перечисленные в табл. 6, обладают более высокой устойчивостью; в частности, для сообществ с преобладанием лишайника

Таблица 6

Минимальное облучение гамма-лучами и наблюдаемые мощности дозы для получения регистрируемых воздействий на различные виды земных растительных сообществ

Тип растительного сообщества	Период облучения (дни)	Измеренные признаки (а)	Миним. мощность дозы облучения (Гр/д)	Миним. общая доза облучения (Гр)
Сосновый лес	8	cc	3,75	3
Дубово-сосновый лес	540	cc	0,5	270
	900	H	0,5	450
	1400	L	0,02	2,9
Лиственный лес	165	B	0,24	40
Тропический лес	34	B	1,18	40
Старые поля (заброшенные с/х угодья)	17	S,H	0,59	10
	29	cc	12,0	350
	29	B,S,H	5,86	170
	365	cc	0,5	180
	365	H	1,0	360
Луговая растительность	11	cc	2,27	2,5
Равнины с низким травяным покровом	30	cc	4,67	140
	30	H,B	3	90
	420	cc	1,2	500
	420	H	0,4	950
	510	B	1,7	870
Лишайник	92	S,B	22	2000
	780	cc,H	3	2340

Примечание:

cc — коэффициент сообщества, который определяет количественные изменения в видовом составе;

S — коэффициент общности, который относится к изменениям в численности отдельных растений внутри видов, а также к изменениям в количестве видов;

H — индекс разнообразия, который характеризует баланс между отдельными растениями различных видов, а также числом видов;

B — показатель биомассы, который выражен как сухая масса надземной части растения на единицу площади суши;

L — показатель опадания листвы, который характеризуется как сухая масса опавших листьев на единицу площади суши.

характерна исключительная стойкость к воздействию облучения.

Радиочувствительность культурных растений, таких, как, например, овощи, злаковые культуры и фруктовые деревья, в целом аналогична радиочувствительности близко связанных с ними диких видов. Такая радиочувствительность может рассчитываться с использованием, возможно, коэффициента 2 на основе свойств клеток, в частности межфазного объема хромосом. Например, LD_{50} (определяемая как летальная доза для половины облученной популяции) для латука (*Lactuca sativa*) равна 50 Гр, а для ячменя (*Hordeum vulgare*) и пшеницы (*Triticum aestivum*) — приблизительно 20 Гр и 30 Гр, соответственно. Значения LD_{50} для почек персиковых и яблоневых деревьев находятся в диапазоне 32–150 Гр в зависимости от стадии развития листа.

Кроме того, литературные данные указывают на другой аспект реакции организмов на радиацию: мощность дозы, при которой наблюдалась конкретная реакция, уменьшалась со временем, несмотря на увеличение общей дозы, необходимой для данной реакции. Маловероятной кажется возможность вредных долговременных эффектов на растительные сообщества, для которых мощность дозы составляет порядка 10 мГр/д или менее.

Несмотря на то, что снижение продуктивности и усиление листопада могут являться явными индикаторами стрессового состояния в сообществе дуб-сосна, в длительной перспективе на структуру сообщества будет оказано лишь незначительное воздействие. Это особенно справедливо для случаев, когда лишь небольшая часть сообщества подвергается воздействию доз облучения достаточно высокой мощности (примерно 20 мГр/д) и наблюдается такая реакция. Однако, нужно также помнить, что значительное усиление листопада (и образования лесной подстилки) может иметь последствия для популяций наземных безпозвоночных, которые, хотя и являются относительно нечувствительными к прямому воздействию радиации, могут косвенным образом реагировать на облучение в силу изменения структуры питания.

Короче говоря, кажется, что в естественной среде обитания наиболее чувствительные растения демонстрируют радиочувствительность, аналогичную радиочувствительности млекопитающих.

6.3. Воздействие на земных животных

6.3.1. Млекопитающие

Что касается млекопитающих, то основная работа, связанная с соответствующими популяциями, включала в себя исследования уровня гибели животных от облучения. Величины LD_{50} (определяемой как летальная доза для половины облученной популяции в течение 30 дней) находи-

лись в диапазоне приблизительно 5–11 Гр. Гибель отдельных представителей в результате прямого воздействия радиации наблюдалась при остром облучении всего тела дозами с минимальной величиной порядка 2 Гр. Кроме того, был проделан значительный объем работы по изучению воспроизводства, и большинство результатов дают основание предположить, что уровень плодовитости является более радиочувствительным параметром, чем уровень гибели. Минимальные разовые дозы облучения, приводящие к снижению темпов воспроизводства, могут составлять менее 10% от доз, являющихся непосредственной причиной гибели животных. Различные факторы, например, конкуренция, зимняя спячка, степень ограничения в распространении и температура, могут изменять реакции млекопитающих на острое облучение, однако таких изменений оказывается недостаточно, чтобы оказать значительное влияние на уровень гибели животных при разовом облучении всего тела дозами ниже примерно 1 Гр.

Общая радиочувствительность домашних млекопитающих с точки зрения смертности кажется аналогичной радиочувствительности диких млекопитающих. Величины $LD_{50/60}$, полученные в результате облучения всего тела гамма-излучением, находятся в диапазоне 4–7 Гр для овец, крупного рогатого скота, свиней и лошадей. Мощность дозы является одним из многочисленных факторов, влияющих на значения дозы LD_{50}. Например, опубликованные величины $LD_{50/60}$ для овец находятся в диапазоне от >10 Гр, полученных при мощности дозы <10 мГр/ч, до 2,5 Гр, полученных при мощности дозы 6,5 Гр/ч.

Радиочувствительность половых желез различных видов сильно колеблется, однако самки мышей относятся к числу наиболее радиочувствительных животных. В исследованиях на мышах было определено, что плодовитость у них снижалась после воздействия на самок доз порядка 0,2 Гр. Самцы мышей менее чувствительны, и для снижения у них плодовитости требуются дозы выше 3 Гр. Стойкое бесплодие у самок мышей наступало после воздействия дозы 1 Гр.

Что касается воздействия хронического облучения на популяции животных, то плодовитость являлась характеристикой популяции, наиболее чувствительной к отрицательному воздействию хронического облучения; эта же характеристика имела наибольшее экологическое значение. Долгоживущие виды, сохраняющие способность к размножению в течение целого ряда лет, будут наиболее чувствительными к стрессу, вызванному облучением. При мощности дозы 0,1 Гр/д у свиней и ослов через несколько недель появлялись некоторые признаки ухудшения состояния, а через несколько месяцев непрерывного облучения они погибали. При мощности дозы 1 мГр/д не наблюдалось никакого воздействия. Однако, в других экспериментах хроническое облучение при мощности дозы порядка 4 мГр/д приводило к заметному уменьшению количества, подвижности и жизнеспособности спермы у собак, в то время как мощности дозы $<1,2$ мГр/д не вызвали изменений в количестве спермы у этих животных. В условиях непрерывного облучения организм животных в популяции может компенсировать стресс, вызванный облучением, и они могут приспособиться к новым состояниям равновесия. Более высокие уровни плодовитости могут компенсировать более высокие уровни гибели, а увеличение уровня выживания в отдаленном периоде может компенсировать низкий уровень выживания в популяциях в раннем периоде.

В целом можно сделать вывод, что мощность дозы порядка 10 мГр/д является порогом, при котором становится очевидным незначительное воздействие радиации на такие характеристики, как, например, способность к воспроизводству, которая играет важную роль для сохранения популяции.

6.3.2. Птицы

Для гибели птиц (включая одомашненные разновидности) характерны величины $LD_{50/30}$ в диапазоне 4,6–30 Гр. В соответствии с опубликованными данными $LD_{50/60}$ для домашней птицы составляет 9 Гр. Результаты облучения птенцов древесной ласточки (*Tachycineta bicolor*) и домового крапивника (*Troglodytes aedon*) сразу же после вылупления из яйца показали, что общая доза 0,9 Гр не оказывает воздействия на рост птенца в гнезде, однако при дозах $>2,6$ Гр темпы роста слегка замедляются.

Было проведено несколько исследований воздействия разового облучения на способность к воспроизводству птиц, однако данные указывают на то, что радиочувствительность птиц аналогична радиочувствительности млекопитающих. Дозы облучения порядка 0,5 и 2 Гр не приводят к изменениям в сперме ткачиковых (*Quelea quelea*), в то время как доза порядка 4 Гр вызывала явные патологические изменения. Яйценоскость белых леггорнов снижалась на протяжении 10 дней после облучения дозой 4 Гр. При более высоких дозах отмечалось более сильное и продолжительное воздействие облучения.

По своему характеру исследования воздействия хронического облучения на популяции птиц в

силу мобильности последних представляют гораздо большую трудность, и в этой области был проделан относительно небольшой объем работ. Целью некоторых работ являлось изучение гнездования птиц из семейства воробьиных в загрязненных экосистемах. Результаты этих исследований указывают на то, что мощности доз 0,2 Гр/д приводили к гибели плода. И в противоположность этому, успешное размножение ласточек и крапивниковых после облучения при мощности дозы порядка 0,7–6 мГр/д по существу кажется вполне нормальным. Однако, большие мощности доз (1 Гр/д) приводили к уменьшению численности потомства. Минимальный уровень хронического облучения, при котором проявляется воздействие облучения на плодовитость и гибель птиц, пока еще, по-видимому, точно не определен.

6.3.3. Рептилии и земноводные

Содержащиеся в научной литературе данные по рептилиям и земноводным дают основание предположить, что с точки зрения летальности эти группы обладают несколько меньшей чувствительностью к разовому облучению, чем птицы и млекопитающие, хотя здесь и отмечается существенное совпадение по радиочувствительности. Аналогичное сравнение показателей плодовитости не проводилось, однако реакция на воздействие облучения на этот параметр, вероятно, будет приблизительно такой же, как у млекопитающих.

6.3.4. Беспозвоночные

Имеется большое количество данных о воздействии радиации на беспозвоночных, особенно насекомых. Вообще, насекомые менее чувствительны к воздействию радиации, чем позвоночные. По сравнению с позвоночными для гибели взрослых особей насекомых обычно требуется примерно в 100 раз большая доза облучения. Это различие, как правило, связывают с тем фактом, что для взрослых особей характерно очень медленное деление клеток с последующей их дифференциацией. Однако, у взрослых особей насекомых все же происходит деление половых клеток, и было обнаружено, что на способность к размножению могут отрицательно влиять значительно меньшие дозы. Молодые особи гораздо более чувствительны к летальному облучению, что вытекает из высоких темпов замены клеток в этих возрастных группах. Было доказано, что на изменение реакции насекомых на облучение влияют многие факторы; однако, очень маловероятно, что будут найдены виды, обладающие большей чувствительностью к летальному воздействию облучения или к нарушению функции воспроизводства, чем позвоночные животные.

Для изучения воздействия облучения на беспозвоночных был произведен подсчет количества в нескольких типах популяций почвенных беспозвоночных в экосистеме, загрязненной радионуклидами. Мощности доз, которые несомненно приводили к гибели животных, были, как правило, довольно высокими ($0{,}5–10^3$ Гр/д); однако, сообщалось о некоторых случаях воздействия облучения при мощностях доз порядка 24 мГр/д. По наблюдениям наиболее чувствительным организмом является обычный земляной червь из семейства *Lumbricidae*.

Что касается хронического облучения в естественной среде обитания, то у беспозвоночных животных косвенные последствия выражены, по-видимому, в большей степени, чем прямые. Мощности доз облучения, которые в значительной степени изменяют структуру или характер растительности, могут не оказать никакого прямого воздействия на беспозвоночных. Однако, эти животные четко реагируют, отрицательно и положительно, на изменения в растительном покрове.

Генетическое воздействие хронического облучения на популяции насекомых вряд ли будет иметь более важное значение, чем воздействие на их плодовитость. Даже серьезные генетические эффекты облучения могут компенсироваться на протяжении жизни последующих поколений.

6.4. Воздействие на водные организмы

У многих водных животных гибель и гистопатологические изменения могут наблюдаться только после облучения большими мощностями доз или большими дозами. В целом, на более ранних этапах своего жизненного цикла они более чувствительны, чем на более поздних, и чем выше положение организма на филогенетическом дереве, тем соответственно ниже величины или мощности доз, необходимые для воздействия облучения. Однако предполагают, что такие реакции будут характерны для отдельных представителей, а не популяций, если только подвергшийся загрязнению участок морской среды не охватывает всю или почти всю территорию обитания этих видов.

Проводилась оценка воздействия радиации на уровень гибели большинства филогенетических групп морских организмов. Для гибели микроорганизмов и других организмов, занимающих более низкое положение в филогенетической

структуре, в результате облучения могут потребоваться чрезвычайно высокие дозы. Популяции бактерий продолжают образовывать колонии при дозах облучения, превышающих 100 Гр. Простейшие реснитчатые *Parameciиm aurelia* являются одним из видов, обладающих наивысшей известной до настоящего времени стойкостью к воздействию радиации; как сообщается, летальная доза облучения LD_{50} для них равна 3000 Гр. К числу других организмов, обладающих высокой стойкостью к воздействию облучения, относятся губки и гидроиды.

Кроме того, была проведена оценка воздействия разового облучения на различные более сложные виды беспозвоночных и рыб. Результаты исследований воздействия острого облучения на уровень гибели этих организмов показывают, что летальные дозы для взрослых особей различных видов рыб находятся в диапазоне 3,75–100 Гр. В рамках нескольких исследований изучалось воздействие хронического облучения на гибель рыб и более сложных беспозвоночных. Не было обнаружено никаких существенных различий в уровнях гибели зародышей чавычи *Oncorhynchus tschawytscha*, подвергавшихся облучению в течение приблизительно 20 дней при мощности дозы 0,21 мГр/ч (общая доза составила примерно 0,1 Гр) и зародышами контрольной группы. Для гибели взрослых особей голубого краба *Callinectes sapidus*, подвергавшихся хроническому облучению гамма-лучами в течение 70 дней, потребовались мощности доз, превышающие примерно 290 мГр/ч; у молодых особей двухстворчатого моллюска *Mercenaria mercenaria*, облучение которых осуществлялось в течение 14 месяцев при мощности дозы около 0,06–370 мГр/ч, снижение уровня выживания и замедление роста наблюдалось только при максимальной мощности дозы 160–370 мГр/ч.

Исследовалось воздействие ионизирующего облучения на репродуктивную ткань рыб, и было обнаружено, что количество первичных половых клеток у чавычи *Oncorhynchus tschawytscha*, облучавшейся рентгеновскими лучами до дозы 2,5 Гр, составило 10% от контрольных значений. При облучении зародышей радужной форели *Salmo gairdnerii* с использованием источника кобальт-60 и с общими дозами облучения порядка 6,0 и 8,0 Гр бесплодие, которое наступало при более низкой из вышеуказанных доз облучения, наблюдалось в течение всего периода исследования (60–150 дней). У взрослых особей бокоплава *Gammarus duebeni*, получивших дозу облучения около 2 Гр, наблюдалось снижение темпов воспроизводства. Однако это компенсировалось более высоким уровнем выживания взрослых особей самок и увеличением потомства у одной самки. Повышенный уровень гибели зародышей отмечался у морских многощетинковых червей *Neanthes arenaceodentata*, когда спаривающиеся особи получали дозу облучения более 0,5 Гр.

Оценка воздействия хронического облучения с низкими дозами на ткань зародыша рыб и беспозвоночных проводилась для ограниченного числа видов. Минимальная мощность дозы, при которой проявляется воздействие хронического облучения на плодовитость водных беспозвоночных и рыб, составляет около 0,25 мГр/ч. Что касается воздействия хронического облучения на зародышей рыб, то у серебрянки значительное увеличение числа жаберных дефектов отмечалось с момента оплодотворения после облучения дозами порядка 0,3–0,5 Гр при мощности дозы 0,21 мГр/ч. Было проведено всего несколько исследований воздействия облучения на развитие зародышей беспозвоночных. Результаты исследований особей *Physa acuta* аналогичны результатам исследований рыб. Для зародышей на стадии четырех клеток доза LD_{50} — минимальная доза, после которой наблюдались эффекты облучения, — составляла около 11 Гр.

Короче говоря, мощности доз от 5 до 100 мГр/д, по-видимому,образуют критический диапазон, в котором впервые наблюдается вредное воздействие облучения на плодовитость радиочувствительных организмов. При мощностях доз облучения в течение длительного времени свыше 240 мГр/д можно ожидать повышения масштабов гибели, в то время как при мощностях доз в диапазоне 24–240 мГр/д будет, вероятно, наблюдаться снижение плодовитости. Более низкие мощности доз приведут к незначительным воздействиям облучения, которые могут быть компенсированы за счет способности популяции к воспроизводству или устранены в процессе естественного отбора. Это представляет интерес, т. к. указывает на то, что уровни воздействия облучения на некоторых водных животных сравнимы с уровнями воздействия на некоторых млекопитающих; кроме того, этот факт указывает на то, что зародышевые клетки некоторых рыб и беспозвоночных не являются более стойкими к воздействию радиации, чем зародышевые клетки млекопитающих.

6.5. Наблюдения за обстановкой в районах повышенных уровней радиоактивности

6.5.1. Районы с высоким естественным уровнем радиации

В разных странах имеются районы с высоким естественным уровнем радиации. Было прове-

дено изучение влияния хронического облучения на животных, обитающих в этих районах. Сравнение различных парамеров при изучении популяций черных крыс в южной Индии, популяций беспозвоночных в Маунт Арабия, штат Джорджия, США, и ящериц на Колорадском Плато, США, не показали в процессе изучения сколько-нибудь заметного отличия от популяций, подверженных облучению в 2–7 раза выше среднего уровня. Самые последние работы показывают, тем не менее, определенное влияние на способность к размножению самок мышей, содержавшихся в клетках в одном районе Франции, где мощность дозы облучения от внешнего естественного фона составляла по результатам измерений примерно 2 мГр/д. В процессе этого исследования было установлено, что потомство от облученных самок составляло (по количеству) 74% по сравнению с потомством контрольных животных. В отличие от самок облученные самцы производили потомства в 1,4 раза больше по сравнению с контрольной группой. В этом же исследовании было установлено, что после облучения в лимфоцитах кроликов имелось увеличенное количество нестабильных хромосомных аберраций, например, фрагменты хромосом и дицентрики (речь идет об облучении от естественного фона). Эти исследования, будучи сами по себе весьма интересными, вовсе не означают, что популяции млекопитающих, получающих примерно такие же дозы облучения, будут заметно различаться в смысле плотности популяции или общего их состояния.

Что касается животных, обитающих в районах с повышенным уровнем естественной радиоактивности в СССР (около 1–2 мГр/д), отмечалось, что у них наблюдаются много случаев аномальных митозов, снижение жировой прослойки, пониженная способность к размножению, дегенерация и возникновение некротических процессов. Все эти явления помогли объяснить пониженную способность к воспроизводству, уменьшение популяций животных и низкую плотность популяций животных в этих районах; следует учитывать, однако, что при этом не учитывались внутренние дозы облучения от поступивших в организм радионуклидов и различия в химическом загрязнении, токсичности окружающей среды.

6.5.2. Загрязнение окружающей среды

Были проведены выездные исследования в местах с повышенным уровнем естественной радиации от антропогенных источников. Было проведено сравнение результатов различных биологических измерений в двух экологически сходных районах, но резко различающихся по уровням плутония-239 в Рокки Флэтс (Колорадо, США). Проводились измерения растительной структуры и биомассы; массы приплода, структуры и биомассы зооценоза членистоногих; распространения, плотности популяции, биомассы, темпов размножения, массы органов, патологии и распространения паразитов у мелких млекопитающих. Никакой разницы, связанной с радиационным воздействием, ни при каких измерениях найдено не было, хотя уровни содержания плутония-239 в верхнем 3 см слое почвы достигали $1{,}5 \times 10^7$ Бк/м^2.

Популяции мелких двукрылых насекомых (*Chironomus tentans*) и улиток (*Physa heterostropha*), которые обитают в Уайт-Ок Лейк (бассейн-отстойник для радиоактивных отходов) в Ок-Риджской национальной лаборатории США, изучались в ходе нескольких исследований. В 1960 году была обнаружена повышенная частота хромосомных аберраций в хромосомах слюнных желез личинок *Chironomus*, которые обитали в Уайт-Ок Лейк, где получаемая доза составляла примерно 2 Гр/г, что в 1000 раз выше уровня нормального фона. Однако, 10 лет спустя, когда мощность дозы уменьшилась до примерно 0,1 Гр/г, частота хромосомных аберраций заметно не отличалась от частоты аберраций в контрольных популяциях. Это снижение частоты хромосомных аберраций служило доказательством правильности предыдущего вывода о том, что хроническое облучение с мощностью дозы примерно 2 Гр/г увеличивало частоту аберраций в популяции *Chironomus*, хотя очевидных дополнительных последствий воздействия облучения на популяции не наблюдалось.

Большой объем исследований воздействия ядерных испытаний на Тихоокеанском испытательном полигоне на окружающую среду был выполнен на популяциях крыс, культурах *Drosophila*, наземных растениях и морских организмах. Воздействие программ ядерных испытаний, в общем, не может объясняться только радиацией, т. к. одновременно на окружающую среду действовали ударная волна и высокая температура. Более того, использование человеком природных ресурсов также претерпело значительные изменения. Но, несмотря на то, что наблюдались значительные и сложные виды воздействия на эти экосистемы, восстановительные процессы после программ испытаний шли относительно быстро и энергично. Вредное воздействие на морские и наземные популяции не было постоянным, по всей вероятности, из-за быстрого спада интенсивности облучения и других типов воздействия на окружающую среду, удаления дефектной генетической информации в ходе

естественного отбора и повторного заселения поврежденных мест здоровыми особями из отдаленных мест.

Чернобыльская авария представляет собой пример ситуации, при которой в растениях и животных наблюдались сравнительно высокие уровни радиоактивности вследствие воздействия выпавших нуклидов. Через несколько месяцев после аварии летальное воздействие было явно заметно на соснах (измеренная для этих деревьев доза 10 Гр в основном за счет бета-излучения); резко выраженные морфологические изменения наблюдались в диапазоне доз от 3 до 10 Гр. Другие виды деревьев, находившихся в пораженных областях хвойных лесов (в основном бук, осина и дуб) практически не были повреждены; не было заметно явных морфологических изменений у травянистых растений. В Швеции были найдены северные олени с уровнем загрязнения цезием-137 до $1{,}6 \times 10^4$ Бк/кг свежего мяса и рыба с уровнями радиоактивного загрязнения до $4{,}8 \times 10^4$ Бк/кг свежей ткани. Мощность дозы внутреннего облучения для рыбы с максимальным зарегистрированным уровнем содержания цезия-137 $4{,}8 \times 10^4$ Бк/кг должна составлять величину порядка 0,2 мГр/д. Маловероятно, чтобы при таком верхнем пределе мощности дозы наблюдалось заметное воздействие на популяцию рыб.

7. Радиационная защита

Использование термина радиационная защита ограничено критериями и методами, используемыми для защиты человека от воздействия ионизирующего излучения. Однако считается, что стандарты по контролю за состоянием окружающей среды, необходимые для защиты человека в желательной в настоящее время степени, обеспечат защиту и другим видам живых существ.

7.1. Соотношение дозы и реакции организма с точки зрения радиационной безопасности

Много попыток было сделано для объединения современных знаний, накопленных в области радиационной биологии, в рабочие модели с целью обеспечения радиационной безопасности. Одна такая попытка, в которой полная (детерминистская и стохастическая) вероятность ущерба наносится графически в упрощенном виде как функция эффективной дозы, отражена на рис. 14.

На рисунке показано соотношение дозы и риска, используемое в целях радиационной защиты. Здесь можно выделить следующие три области:

— При дозах выше 5–10 Зв, полученных за короткое время, практически у всех облученных особей разовьется острый радиационный синдром, и они в конечном счете погибнут вследствие облучения. Поэтому предполагается, что для доз, превышающих 5–10 Зв, вероятность в этом соотношении асимптотически приближается к единице.

— При дозах, составляющих заметные доли 1 Зв и полученных за короткое время, могут проявляться нестохастические эффекты. Соотношение дозы и риска аппроксимируется сигмоидально. Точная форма соотношения зависит от ряда факторов, как, например, мощность дозы, величина которой может оказаться существенной при конкретных сценариях облучения. Вероятность летального исхода для доз, равных примерно 3 Зв, составляет величину около 0,5.

— При уровнях дозы ниже доли 1 Зв проявляются только стохастические эффекты, вероятность возникновения которых прямо пропорциональна уровню дозы. В понятие ущерба входит возникновение злокачественных образований в облученной особи и серьезные наследственные эффекты для последующих поколений потомков. В этой области кривой предполагается, что любое последующее приращение дозы влечет за собой пропорциональное приращение вероятности воздействия. Таким образом, соотношение вероятности нанесения ущерба и полученной дозы на этом участке кривой предполагается линейным. В смысле радиационной защиты наклон этой линии (т. е. фактор риска в этой области) в настоящее время принят равным примерно 5×10^{-2} (5%) на зиверт.

Использование этого линейного беспорогового соотношения дозы и реакции для стохастических эффектов не является лишь упрощенным консервативным допущением. Оно обосновано в радиобиологии и согласуется с имеющимися данными по возникновению радиационно-

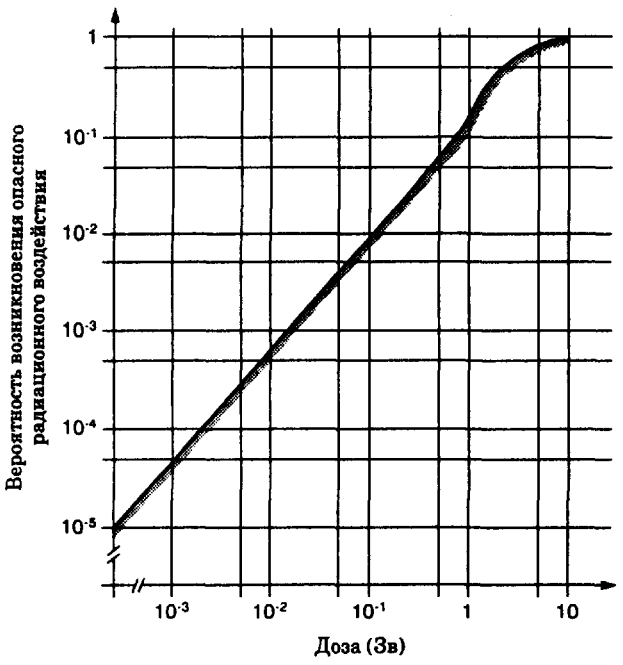


Рис. 14. Соотношение между степенью риска и дозой, используемое в целях радиационной защиты, с указанием трех четко выраженных районов

индуцированного рака у человека в нижней части рассматриваемой области. Оно имеет большие преимущества при разработке инструкций и правил, т. к. позволяет раздельно рассматривать отдельные источники облучения в силу независимости причиненного ущерба от отдельных видов облучения (если бы реакция была нелинейной, то все дозы должны были бы рассматриваться вместе как одно единое целое). Наклон кривой этого соотношения точно пока не определен (см. раздел 5.2.1), но уже широко распространена научная трактовка, что современная величина, принятая равной 5% на зиверт, не является недооценкой величины степени риска для населения. Одни ученые считают, что степень риска выше, другие считают, что современные величины сильно преувеличены, однако ни одна из этих точек зрения не получила широкого признания. Радиобиологическая теория, которая подтверждает линейное беспороговое соотношение при низких уровнях дозы, концептуально и математически проста и внушает доверие, она хорошо согласует имеющиеся в настоящее время научные знания и обеспечивает прочную научную базу для долгосрочных оценок.

Упомянутые преимущества не отрицают того факта, что линейное беспороговое соотношение есть не что иное, как научная теория, основанная на механизмах, которые связывают имеющиеся данные. Как научная теория, она по сути дела не может использоваться официально. Недостаток данных по реакции человеческого организма на очень низкие дозы сдерживает проверку теоретических оценок для этих диапазонов. (Этот недостаток данных будет, вероятно, сохраняться в течение некоторого времени и вынуждать полагаться на косвенные доказательства.)

Хотя источник радиации может давать малую дозу, эта доза не обязательно должна относиться к малому уровню соотношения доза–реакция. Действительно, из-за неизбежного облучения за счет естественного радиационного фона ни один человек не может иметь нулевую дозу или даже получить только очень малые дозы. Облучение естественной радиацией дает индивидуальную дозу около 2,4 Зв/г для человека в нормальных условиях, так что к середине жизни средний человек накопит дозу порядка 0,1 Зв (в районах с высоким уровнем естественной радиации полученная доза может быть на порядок выше чем эта средняя доза). Дозы, полученные в результате специфического облучения от искусственных источников, являются добавочными приращениями к этой накопленной "естественной дозе". (Для организма безразлично, получает ли он дозу в результате облучения от естественных источников или от определенного искусственного источника: важной величиной является суммарная доза.)

Если соотношение доза–реакция было бы нелинейным, что исключает предположение о пропорциональности между дозой и приростом риска, тогда определенные приращения дозы привели бы к различным степеням риска в зависимости от той дозы, при которой это приращение имело место. Таким образом, для того чтобы контролировать степень риска, необходимо знать последовательность, в которой каждый конкретный вклад дозы имел место. Это вызовет необходимость создания такого контрольного режима в целях радиационной безопасности, который будет абсолютно неработоспособным. По-видимому, даже если бы нелинейность этого соотношения была доказана, регулирующие органы власти не имели бы никакого другого реального выбора, кроме как оставить в силе предположение о линейном соотношении.

7.2. Значение соотношения доза–реакция

Существенное значение беспорогового линейного соотношения заключается в том, что поскольку невозможно добиться нулевой дозы от какого-либо источника излучения, постольку и невозможно находиться на нулевом уровне риска от любого источника.

Риск может быть чрезвычайно мал, но теоретически он вполне поддается количественному определению. На рис. 15 показано крайне малое теоретическое приращение общей условной степени вероятности смертного исхода (для населения Швеции в 1986 году), вызванного дозой 5 мЗв/г в течение жизни. Это изменение показано только для аддитивной модели прогноза. В мультипликативной модели это изменение меньше для возрастов менее 50 лет. При больших возрастах оно менее 4,5% для женщин и менее 2,5% для мужчин; эти изменения слишком малы, чтобы их можно было показать на рисунке.

Более того, радиационный риск при малых дозах настолько мал, что стохастические радиационные эффекты могут оказаться в большинстве случаев неопределимыми. В то время, как детерминистские эффекты могут быть определены (диагносцированы) в организме облученного человека клиническими методами и могут быть соотнесены с причиной их появления (поглощенная доза), стохастические эффекты не могут быть определены индивидуально и точно связаны с причиной, т. е. с дозой, поглощенной человеком, а только статистически в группе населения. Кроме того, существует дозовый порог для эпидемиологической определяемости стохастических эффектов, который зависит от количества людей, подвергнувшихся облучению. Эпидемиологические данные требуют серьезной интерпретации; исследования не могут обеспечить надежной информации по эффектам при очень малых дозах. Это происходит из-за того, что рак и наследственные нарушения естественно распространены в человеческом обществе. Чувствительность методов исследования эффектов малых доз радиации на человека, таким образом, очень ограничена. Существует два главных ограничения: одно статистическое, а другое — демографическое.

(а) Нормальная вероятность наступления смерти в результате рака любого происхождения, включая рак, вызываемый облучением естественными источниками, составляет 20 %. В соответствии с этим существует статистическое ограничение на радиоэпидемиологические исследования, которое для выявления каких-либо статистических эффектов малых доз требует очень больших чисел и в обследуемых и в контрольных группах. Для настоящих оценок вероятности быть подверженным раковому заболеванию со смертным исходом, отнесенным за счет влияния радиации, и для того, чтобы получить достоверные результаты воздействия доз более 10 Зв, обследуемая и контрольная группы должны состоять из 5 миллионов человек каждая[2].

(б) Демографическое ограничение возникает из-за неизвестной разницы между обследуемой и контрольной группами (например, из-за разных социальных условий, генетических признаков населения, подверженности различным видам инфекций и т. д.). Если две группы отобраны не из сравнительно однородных групп населения, то воздействие доз меньших 0,5 Зв не может быть замечено или исключено с достаточной степенью достоверности[3].

Если пытаться использовать понятие нулевого риска, то цель будет состоять не в поиске абсолютного отсутствия риска, а, в первую очередь, с учетом социальных и экономических условий в поддержании всех уровней риска на минимально возможном уровне, т. е. скорее оптимизировать параметры безопасности, а не стремиться доби-

---

[2] Если сравниваются две схожие группы населения, то для достоверного определения воздействия более высокой средней дозы облучения на одну из них необходимо добиться разности в проявлениях воздействия, по меньшей мере в два раза превышающей стандартные отклонения. Разница в числе случаев фатальных раковых заболеваний дается выражением (N − C), а ее статистическое стандартное отклонение — $\sqrt{(N + C)}$, где N — ожидаемая смертность из-за раковых заболеваний в наблюдаемой группе и C — ожидаемая смертность в контрольной группе. При коллективе людей в каждой группе 500 человек и ожидаемой вероятности возникновения раковых заболеваний в изучаемой группе 25%, N будет равно 125, а C — 100. Ожидаемая разница будет равна 25 при стандартном отклонении $\sqrt{225}$ или 15. Эта разница может наблюдаться с достоверностью около 90%. Количество фатальных заболеваний раком 25%, т. е. увеличение на 5% нормальной вероятности в 20%, соответствует превышению дозы в облученной группе относительно контрольной примерно на 1 Зв. Для того, чтобы определить воздействие радиации 0,1 Зв, каждая группа должна быть увеличена до примерно 50 000 человек; это даст разницу (N − C) 10 250 − 10 000 = 250 при стандартном отклонении $\sqrt{20\,250}$, т. е. примерно 142. Для наблюдения воздействия дозы, превышающей естественный фон на 10 мЗв, в каждой группе потребуется иметь 5 миллионов человек.

[3] Факторы, вносящие в исследования неопределенность для групп, разделенных географически (такие, как возрастная разница, для которой могут быть введены коррективы, влияние окружающей среды и подверженность инфекциям, для которых существующие коррективы либо неточны, либо неизвестны), вряд ли могут быть исключены или ограничены до такой степени, чтобы разница в несколько процентов могла быть достоверно исключена. То есть, если в контрольной группе заболеваемость фатальными видами рака составляет 20%, эта же величина для исследуемой группы может лежать в пределах от 18% до 22%. При современных способах оценки риска это исключает обнаружение влияния доз меньших 0,5 Зв, как бы велики эти группы не были, если только исследуемая и контрольная группы не выбраны из достаточно однородных групп населения, как, например, при изучении лиц, переживших атомную бомбардировку Хиросимы и Нагасаки. Наоборот, нулевая разница в частоте возникновения раковых заболеваний не может использоваться для заключения о том, какие дозы составляли величины ниже 0,5 Зв.

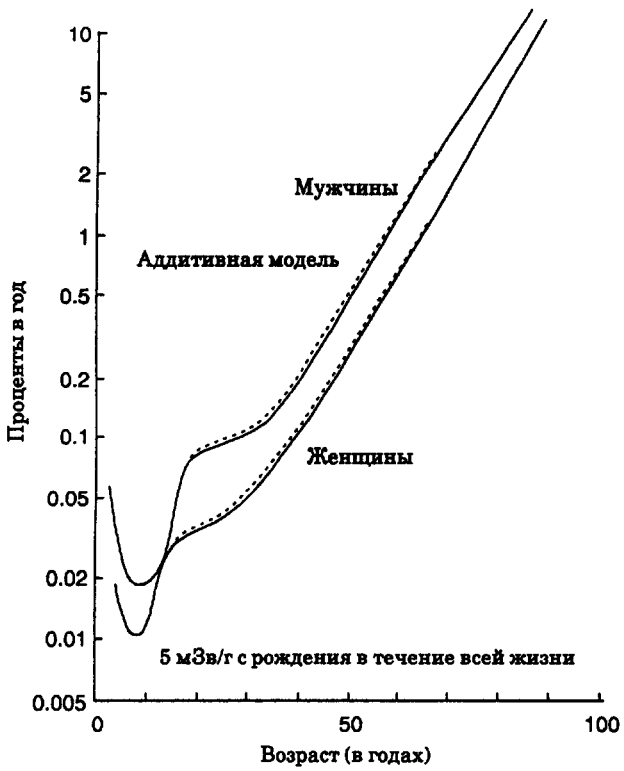


Рис. 15. Изменение в общей обусловленной степени вероятности смерти (контрольная группа: население Швеции в 1986 г.) после облучения дозой 5 мЗв/г с момента рождения в течение всей жизни. Изменение показано только для прогнозируемой аддитивной модели. При использовании мультипликативной модели изменение несколько меньше для возрастов моложе 50 лет. С увеличением возраста изменение составляет менее 4,5% для женщин и менее 2,5% для мужчин; эти изменения слишком малы, чтобы их можно было выявить на рисунке. [Источник: МКРЗ [3]]

ться полного отсутствия риска. Таким образом, с точки зрения безопасности важным является не просто дальнейшее сокращение степени риска, а целесообразность его сокращения. При рассмотрении этого вопроса специалисты по безопасности должны исходить из объективных оценок о том, какие необходимы уровни защиты и безопасности.

7.3. Концепция радиационной безопасности

Безопасность — широкий термин. Как правило, его связывают с концепциями защиты и безопасности; при этом он используется, чтобы обозначить отсутствие страха, надежность и предусмотрительность. На первом этапе исследований токсикологи использовали понятие безопасной дозы для обозначения количества вредного вещества, которое находится ниже некоторого его содержания [порога], после которого начинает проявляться токсичность этого вещества. Технологи и инженеры, с другой стороны, обычно используют термин безопасность для обозначения мер по предотвращению аварий. Ничего удивительного, что такая неоднозначность терминологии создала проблемы при интерпретации окончательных целей безопасности.

Применительно к радиации концепция безопасности требует особенной тщательности при определении: исторически предметом радиационной защиты являлось ограничение a priori доз облучения от ожидаемого нормального облучения, поступающего от искусственных рукотворных источников радиации; предметом ядерной безопасности всегда являлось предотвращение ядерных аварий и — в случаях, когда они происходили, — смягчение их последствий техническими средствами. Во время аварии на Чернобыльской АЭС не существовало полностью разработанных критериев безопасности, которые могли бы учитывать ситуации de facto, возникающие в результате серьезного загрязнения после катастрофической аварии.

Оценка, на основании которой принимаются решения о принципах безопасности, используемых для ограничений радиационного риска, обычно выполняется профессиональными и правительственными организациями. Это отнюдь не механическая операция; процесс оценки на практике — это микрокосм, в котором отражаются тенденции развития культуры, национальные традиции, социальные ценности и профессиональные суждения. По краней мере, существует три типа реакции в рамках культуры западного общества на риск, которому подвергались некоторые страны: реакция так называемых стран-первопроходцев, стран-законников и стран-моралистов [10]. Такого рода реакция характеризует манеру отношения специалистов, работающих в области ядерной безопасности, к радиационному риску. В странах-первопроходцах на одно из первых мест выдвигается свобода; в этих странах риск мало беспокоит общественность и наличие риска даже оказывает стимулирующее действие. В странах-законниках упор делается на наличие структур и правил, здесь важнее всего порядок. Для такой страны задача определения риска должна решаться количественными методами и в интересах закона: необходимо определить четкую величину риска. В моралистическом обществе общественность в значительной степени руководствуется соображениями пуризма, чистоты и защиты. Для такого общества даже малейший риск, связанный с

деятельностью человека, неприемлем, даже если этот вид деятельности сулит выгоду. Во всем мире проявляется тенденция к переходу к морализаторской философии со всеми вытекающими отсюда последствиями: ориентация на идеально чистую технологию с абсолютно чистой окружающей средой.

Таким образом, в принятии решений о мерах радиационной безопасности стоит важная задача установления здравого равновесия, при котором достижения этих трех разных культур и их подходы будут взаимодействовать с целью добиться разумной безопасности. При этом следует отдавать себе отчет в том, что большинство решений относительно человеческой деятельности основывается на скрытой форме балансирования между выгодой, с одной стороны, и расходами и недостатками, с другой, в результате чего делается вывод о том, могут ли данные меры быть признаны разумными или нет. Принятие решений в области ядерной безопасности не является исключением из данного правила. Отличием в данном случае является то, что, по общему мнению, проведение отдельного защитного мероприятия следует координировать с целью получения максимальных прямых преимуществ для конкретного лица или общества. Это не простой процесс, поскольку цели отдельного лица и общества могут не совпадать. В области радиационной безопасности, как и в других областях, появилась возможность формализировать и количественно описать методы, которые помогают в принятии таких решений. При этом внимание следует сосредоточить не только на преимуществах и недостатках для всего общества, но и на защите отдельных лиц. Когда выгоды и ущерб по разному распределены среди населения, обязательно возникнет определенная несправедливость. Серьезных случаев несправедливости можно при этом избежать, сосредоточив свое внимание на защите отдельных лиц.

Чернобыльская авария продемонстрировала несостоятельность мер безопасности на этой станции: авария не была предотвращена и ее последствия не были ограничены технологическими средствами станции. Специалисты по радиационной защите были вынуждены иметь дело с радиологическими последствиями в неожиданной и ненормальной ситуации, для которой предварительно не было разработано никаких критериев.

7.4. Эволюция радиационной защиты

Общая философия радиационной защиты была выработана Международной комиссией по радиологической защите (МКРЗ). В течение последних 60 лет МКРЗ выпускала рекомендации по радиационной защите, которые в соответствии со своей спецификой использовались различными международными организациями, включая Комиссию Европейских Сообществ (КЕС), Международное агентство по атомной энергии (МАГАТЭ), Международную организацию труда (МОТ), Агентство по ядерной энергии Организации экономического сотрудничества и развития (АЯЭ/ОЭСР) и Всемирную организацию здравоохранения (ВОЗ). Ведущие специалисты по радиационной защите, находясь под влиянием понятий обычной токсикологии того времени, предположили наличие дозовых порогов для любых биологических эффектов радиации и, уменьшив величины этих предполагаемых порогов при помощи соответствующих "факторов безопасности", ввели понятие пределов "безопасной" дозы. Однако, по мере признания той точки зрения, что любое радиационное воздействие, каким бы малым оно не было, предположительно может нанести некоторый статистический ущерб большим группам населения, радиационная защита постепенно перешла от прагматических предписаний, проистекавших из требований учета индивидуальных доз (обычно называемых максимально допустимыми дозами) к усложненной системе защиты с учетом требований к индивидуальным дозам и к особенностям источника радиации (см. подраздел 7.6); суть ее была направлена на сдерживание, a priori, любого увеличения существующих уровней дозы из-за предвидимого, "нормального" облучения, вызываемого использованием введенных в практику различных источников радиации.

В последнее время специалисты по радиационной защите признали необходимость расширения рамок этой дисциплины. В силу озабоченности такими явлениями, как, например, аномально высокое радиационное воздействие в местах проживания и загрязнение, вызванное последствиями аварий, необходимость в критериях безопасности для уменьшения доз радиации, реально получаемых в подобных фактических ситуациях, была полностью признана. Совместно все эти факторы послужили для того, чтобы особо подчеркнуть необходимость наличия универсального подхода к радиационной безопасности в любых ситуациях радиационного облучения. Ко времени чернобыльской аварии такого общего подхода еще не было.

7.5. Основные цели радиационной защиты

Так как каждый из людей подвергается облучению от естественных и искусственных источников, любая реальная система радиологической

защиты должна иметь четко очерченные рамки, если она не применяется ко всем видам деятельности человека. Она должна последовательно охватывать очень широкий диапазон обстоятельств и ситуаций.

В основную структуру системы радиологической защиты должны быть включены социальные, а также научные оценки. Более того, она должна основываться на современных знаниях радиобиологии и исходить из того, что даже малые дозы радиации могут вызвать вредные последствия для здоровья. Следовательно, радиационная защита должна быть направлена на предупреждение возникновения детерминистских эффектов путем поддержания доз ниже соответствующих порогов и обеспечения всех практически приемлемых мер для уменьшения вероятности возникновения стохастических эффектов. Другими словами, целями системы радиологической защиты должны являться: (1) уверенность, что соответствующие решения принесут больше пользы, чем ущерба; (2) необходимость в таких мероприятиях радиационной защиты, которые максимально обеспечивают прямую выгоду для людей; (3) ограничения несправедливости при распределении радиационного риска, которая может вызвать столкновение интересов отдельных личностей и общества в целом.

7.6. Требования к источникам облучения и отдельным лицам

Удобно рассматривать процессы, вызывающие радиоактивное облучение людей, как систему событий и ситуаций. Каждая часть системы начинается с источника облучения. (Этот термин используется для обозначения источника облучения, а не обязательно физического источника радиации.) Излучение или радиоактивный материал затем проходит через различные пути поступления в окружающую среду (см. раздел 4), которые могут быть очень сложными в природных условиях и общими для нескольких типов источников. В итоге, отдельные лица, возможно много отдельных лиц, получают дозу облучения от единого исходного источника. Поскольку может быть несколько источников, отдельные лица могут получить дозу облучения от нескольких источников. Например, в случае естественных источников все лица получают дозы облучения по меньшей мере от нескольких источников.

Оценку эффективности защиты можно провести, исходя из характеристик источника индивидуальных доз для населения, в этом случае оценка считается выполненной через характеристики источника доз или из индивидуальной дозы, полученной человеком от всех соответствующих источников, и в этом случае оценка считается выполненной через индивидуальную дозу.

Оценка источника через его характеристики позволяет определить, приняты ли все необходимые меры для снижения доз облучения, поступивших от источника. Такая оценка позволяет учитывать в анализе величины индивидуальных доз, связанных с этим источником, количество лиц, получивших эту дозу, но не позволяет принимать во внимание дополнительный вклад в дозу от других источников. Выполнение оценки через индивидуальную дозу предназначено для определения суммарной, полученной отдельными лицами дозы с целью определения факта превышения для конкретного лица вероятности стохастического воздействия радиации, а также для определения того, насколько доза, полученная этим лицом, приближается к одному из пороговых значений для определения детерминистского воздействия.

7.7. Случаи облучения и критерии безопасности

Важным шагом в согласовании вопросов безопасности является разработка последовательных критериев для всех случаев, связанных с опасностью радиоактивного облучения. В предсказании возможных сценариев радиационного облучения можно рассмотреть два типа случаев:

(а) Предсказуемые, поддающиеся планированию случаи, которые можно предусмотреть при принятии решения о введении или изменении *технологии,* связанной с опасностью облучения. Можно предположить, (i) что в этом случае речь пойдет о "нормальных" дозах, которые будут определенно получены (например, в результате запланированного выброса радиоактивных веществ в окружающую среду), и (ii) в этих случаях речь идет о потенциальных сценариях получения доз, попадающих под вероятностную оценку (примером могут служить дозы облучения, которые можно получить в случаях отказа технических систем безопасности). Наличие необходимых технических систем защиты можно спланировать заранее для того, чтобы ограничить риск облучения.

(б) Практические ситуации (ситуации de facto), при которых единственной защитной мерой является какое-либо *вмешательство* с целью снижения доз облучения. К ним относятся незапланированные ситуации, такие, как "обнаружение" доз под действием высоких уровней естественного излучения или дозы, полученные в результате ядерной аварии или радиационной опасности.

В принципе последовательный подход к радиационной безопасности должен обеспечивать применимость ко всем ситуациям, связанным с дозами облучения. На практике во время аварии на Чернобыльской АЭС группа продуманных и международно признанных критериев существовала только для обычных случаев облучения, для которых успешно применялась система дозовых ограничений, рекомендованная МКРЗ. Критерии для действий в практических (de facto) случаях в то время либо не включались в международные нормативные документы, либо только упоминались в них. Несмотря на то, что в этих документах в неявной форме подразумевалась возможность возникновения непредвиденных событий, при которых уровень дозы облучения может быть ограничен только за счет вмешательства, если вообще может быть ограничен в такой ситуации, тем не менее в этих документах не оговаривались специфические критерии для действий в таких случаях. Таким образом, не существовало единых критериев для принятия решения о вмешательстве или действиях по исправлению положения в случаях радиоактивного загрязнения в результате ядерной аварии.

7.8. Использование радиоактивных веществ и вмешательство

Таким образом, после аварии на Чернобыльской АЭС в принципах радиационной защиты появились новые понятия. Так, в философии радиационной защиты сейчас различаются "использование радиоактивных веществ" в деятельности человека и меры "вмешательства" в конкретных ситуациях.

В термин *использование радиоактивных веществ* включаются различные виды деятельности человека, связанные с увеличением уровня имеющегося общего радиационного облучения либо за счет добавления целых блоков новых источников облучения, возможных способов получения дозы или круга участвующих в работе с радиоактивными материалами лиц, либо путем изменения системы путей получения человеком облучения от существующих источников и, тем самым, повышения дозы облучения отдельных лиц или группы лиц.

Под *вмешательством* понимается деятельность человека, направленная на снижение уже существующего радиационного облучения путем устранения существующих источников, изменения способов получения радиоактивности или снижения числа получающих облучение лиц. Типичными примерами вмешательства являются работы в традиционных местах проживания людей с высокими уровнями радонового излучения или работы по снижению облучения в результате загрязнения после аварии на Чернобыльской АЭС.

В случаях введения технологии с использованием радиоактивных веществ возможны варианты: принять данную технологию с соответствующими усовершенствованиями или без них или полностью отказаться от нее. Существующую технологию можно пересматривать с учетом новой информации или измененных стандартов радиационной защиты или, по крайней мере в принципе, от нее можно отказаться. Однако, данные варианты не могут применяться в случаях ситуации de facto, когда единственной возможностью является коррекция возникшей ситуации одним из методов вмешательства.

Мероприятия, необходимые для ограничения облучения людей в форме регулирования схемы использования радиоактивных материалов или в форме вмешательства, могут выполняться в форме действий, выполняемых в любом компоненте окружающей среды, в котором происходит воздействие источника облучения на человека. Такие действия могут распространяться на источник, на окружающую среду или на человека. Действия, которые можно применить к источнику, дают наиболее действенные результаты. Они оказывают влияние на все пути поступления радиоактивности и на всех людей, связанных с данным источником. Таким образом там, где это возможно, действия, применяемые к источнику излучения, являются оптимальными. Действия, направленные на окружающую среду, менее эффективны и могут иметь общественный резонанс, который не всегда возможно предвидеть; более того, их эффективность будет невысока потому, что они могут применяться лишь к отдельным путям передачи радиоактивности в окружающей среде и отдельным лицам. В условиях аварии на Чернобыльской АЭС все возможные действия для ограничения выбросов от источника (разрушенного реактора) были приняты, но потребовались дополнительные мероприятия в отношении экологической системы и в отношении получивших радиационное облучение и подвергавшихся такой опасности людей.

Различные типы радиационного облучения, а также различие между мероприятиями, связанными с использованием радиоактивных материалов и с вмешательством, объясняют различные возможности контроля ситуации и, тем самым, оказывают влияние на оценку целесообразности различных методов такого контроля. Соответствующие требования к радиационной защите зависят от того, применяются ли они к использованию радиоактивных веществ (в этом случае

они направлены на ограничение ожидаемого увеличения дозы облучения), или к вмешательству (в этом случае они направлены на снижение существующих уровней облучения); однако, система радиационной защиты должна характеризоваться максимально возможной универсальностью, частично с целью согласованности мероприятий, частично с целью избежания изменений в политике в результате разграничения различных ситуаций.

7.9. Система радиационной защиты

МКРЗ в настоящее время рекомендует использовать новую систему радиационной защиты, которая может применяться как к использованию радиоактивных веществ, так и к вмешательству. Для внедрения технологий с использованием радиоактивных веществ система в основном та же, что и в известной в прошлом системе ограничения доз облучения МКРЗ; она основывается на следующих общих принципах:

(а) Ни одна технология с использованием радиоактивных веществ не должна применяться, если польза от нее для получающих радиоактивное облучение лиц или для общества не превышает приносимый радиацией ущерб. Принцип может быть сформулирован как *оправданность* использования радиоактивных веществ.

(б) В отношении конкретного источника излучения величина индивидуальной дозы, количество людей, получивших дозу облучения, и вероятность облучения в местах, где нет обязательных условий его получения, должны поддерживаться на минимально достижимом уровне с учетом экономических и социальных факторов. Этот принцип можно сформулировать как *оптимизация* защиты.

(в) В процессе оптимизации должны учитываться ограничения по дозам и риску облучения для населения с целью компенсации несправедливости, которая связана с соответствующими экономическими и общественными оценками. Суммарная дополнительная доза облучения, получаемая лицами в результате применения технологий с использованием радиоактивных веществ, таким образом, должна рассматриваться с учетом более важной величины предельной индивидуальной дозы облучения с тем, чтобы ни один человек намеренно не подвергался риску облучения, связанному с заведомо неприемлемыми дозами. Такой принцип можно сформулировать как *ограничение* индивидуальной дозы.

(Принципы системы радиационной защиты для технологических процессов, в которых используются радиоактивные материалы, широко обсуждались в литературе и включены в международные и национальные стандарты по радиационной защите. Далее в настоящем Техническом докладе они обсуждаться не будут.)

Эти основные принципы должны также применяться — в доработанной форме — к вмешательству в случаях ситуаций de facto, таких, как условия после аварии на Чернобыльской АЭС; они будут в этом случае выглядеть следующим образом:

— Форма предлагаемого вмешательства должна выбираться таким образом, чтобы понижение предполагаемого ущерба было достаточно значительным, чтобы компенсировать усилия общества и последствия самого вмешательства, включая затраты на него. Этот принцип можно сформулировать как оправданность вмешательства.

— Форма, масштаб и длительность вмешательства должны выбираться таким образом, чтобы обеспечить максимальную разумно допустимую пользу для общества. Этот принцип можно сформулировать как оптимизация защитных мер.

При некотором уровне ожидаемой индивидуальной дозы определенные формы вмешательства почти всегда будут оправданы с целью избежания серьезных детерминистских последствий. Однако, *предельные дозы не учитываются при вмешательстве, поскольку их применение может противоречить принципу оправданности вмешательства, т. е. привести к принятию решения о вмешательстве, которое принесет больше ущерба, чем пользы.*

Таковы основные международные принципы радиационной защиты, которые могут использоваться после аварии на Чернобыльской АЭС; ниже они обсуждаются более подробно.

7.10. Принципы радиационной защиты для вмешательства

7.10.1. Оправданность вмешательства

Принятие решений относительно мер вмешательства, которые смогут снизить величины доз при фактических (de facto) уровнях загрязнения в результате аварии на Чернобыльской АЭС, требовало выбора из нескольких вариантов и в идеальном случае должно было осуществляться в два этапа. Первый этап — анализ каждого варианта отдельно с целью выделения таких мер, которые принесут больше пользы, чем ущерба. Второй этап — окончательный выбор модели вмешательства, при котором часто приходится

заменять одну de facto ситуацию на другую. Определенные преимущества такой замены являются в дальнейшем важным фактором, принимаемым во внимание при решении об оправданности вмешательства; они играют более важную роль, чем непосредственные преимущества каждого из вариантов.

С точки зрения радиационной защиты оправданность мер вмешательства нуждается в конкретном учете радиационного ущерба как параметра процесса принятия решения. При этом ущерб не должен ограничиваться аспектами, непосредственно связанными с радиацией; он должен учитывать другие отрицательные факторы, включая расходы и усилия по мерам вмешательства. Необходимо подчеркнуть, что расходы на меры вмешательства — это не только финансовые вложения.

Отдельные меры защиты или ликвидации последствий аварии могут включать риск, не связанный с воздействием радиации, или серьезные социальные последствия. Например, отселение людей из района проживания может быть не связано с большими расходами, но может привести к серьезным потрясениям и моральным травмам среди населения. В случае радиоактивного загрязнения местности, аналогичного последствиям аварии на Чернобыльской АЭС, ущерб от радиации составит лишь незначительную часть общего ущерба.

Определение оправданности вмешательства, таким образом, выходит далеко за рамки вопросов радиационной зашиты. Именно вследствие данного факта термин определение оправданности следует использовать с ограничениями — в контексте радиационной защиты исключительно в связи с мероприятиями, непосредственные результаты которых будут положительными. Поиск оптимального варианта вмешательства среди всех имеющихся схем обычно является задачей, с которой не в состоянии справиться службы радиационной защиты.

7.10.2. Оптимизация защитных мероприятий

Если меры вмешательства оправданы и решение о их применении принято, следует рассмотреть способы оптимального использования средств для снижения уровней доз облучения отдельных лиц и населения в целом. Более широкой целью должно явиться максимальное увеличение чистой выгоды. Чистой выгодой в данном случае является разница между ущербом, вызванным радиацией, и ущербом в социальном плане, вызванным мерами вмешательства. Радиационный ущерб уменьшается за счет снижения индивидуальных доз и/или за счет уменьшения количества людей, подвергающихся облучению. Принимая решение о мерах вмешательства, их масштабе и продолжительности, необходимо взвесить потенциальные выгоды и те усилия, которые потребуются, включая стоимость мероприятий. Если следующий этап ликвидации последствий аварии может достигаться только за счет привлечения средств и большего ущерба в социальном плане, которые явно не соответствуют достигаемому результату, то не в интересах обшества предпринимать подобные мероприятия. Только когда все экономические и социальные факторы были приняты во внимание, можно сказать, что меры защиты выбраны оптимально и что уровень дозы, полученной населением, является минимальным (реально достижимым).

Все эти соображения усложняются взаимодействием между различными факторами, которые следует учитывать, и проблемами, для решения которых требуются различные подходы. В их число входят различные вопросы — от соображений здравого смысла до сложных методов расчета экономической эффективности или многоцелевого анализа. Все эти методы являются инструментами для принятия решений в ситуациях, когда для снижения отрицательных последствий радиоактивного облучения были приняты достаточные меры. Применение этих методов можно упростить путем проведения *конференций по принятию решений* — они способствуют достижению консенсуса среди тех, кто определяет и претворяет в жизнь меры вмешательства (см. Часть Ж).

Методы оценки для оптимизации защитных мер носят не только количественный характер; здесь учитывается значимость отдельных видов вредного воздействия облучения, а также различия в размещении ресурсов и воздействии облучения на организм. Процесс оптимизации защитных мер должен, таким образом, иметь определенную структуру. Оптимизация должна проводиться на этапе разработки защитных мер после принятия решения о вмешательстве. Именно на этом этапе наиболее вероятно добиться эффективного понижения уровней дозы.

Следует сделать вывод о том, что не существует возможности определить в количественном виде уровни вмешательства, которые абсолютно справедливы для всех случаев. Тем не менее, поскольку некоторые мероприятия должны проводиться срочно, разумно подготовить некоторые инструкции заранее для их будущего использования при авариях и иных нештатных ситуациях.

7.10.3. Ограничения по индивидуальным дозам

В ситуациях de facto, таких, как ситуация после аварии на Чернобыльской АЭС, источники облучения, пути получения дозы и группа получивших облучение лиц уже существовали на момент рассмотрения вопросов о принятии защитных мер, при этом контролировать ситуацию можно было только методом вмешательства. *Пределы доз, которые устанавливались в стандартах радиационной защиты, предназначались для использования в целях контроля ситуации при обычном использовании радиоактивных веществ, а не для вмешательства. Использование этих пределов доз или любых других, заранее определенных пределов доз в качестве критерия для принятия решения о вмешательстве могло бы привести к проведению мероприятий, совершенно несоразмерных по масштабу с получаемыми результатами и противоречащих принципу оправданности.* Несмотря на то, что при определенном уровне индивидуальной дозы облучения, при приближении к которому наступают серьезные детерминистские последствия облучения и какая-то форма вмешательства становится практически обязательной, величина предела дозы не должна использоваться для принятия решения о необходимости вмешательства или о его масштабе.

Пределы доз, устанавливаемые для принятия решения об использовании технологии с применением радиоактивных материалов, часто, и, как правило, ошибочно, рассматриваются как: (i) разграничительная линия между "безопасными" и "опасными" (только в случае, если пределы доз равны пороговым значениям доз для детерминистского эффекта, это утверждение является правильным); (ii) самый простой и эффективный способ поддержания на низком уровне экспозиционных доз и внедрения усовершенствований и (iii) единственный критерий строгости системы радиационной защиты. Такое недопонимание в некоторой степени укрепляется за счет того, что предельные дозы включаются в нормативные акты. (При этом превышение предельного уровня становится нарушением норм, а в отдельных случаях и нарушением законов.) Принимая во внимание все вышесказанное, не вызывает удивления тот факт, что руководящие органы, организации, осуществляющие надзор, и правительственные службы неоправданно стараются применить предельные дозы, где только возможно, даже в случаях, когда источники облучения частично или полностью не поддаются их контролю или когда оптимизация радиационной защиты является более разумной тактикой. (Как показано в данном Техническом докладе, "пределы доз", использованные в ситуации после аварии на Чернобыльской АЭС, являются хорошим примером таких заблуждений.)

7.11. Ситуации de facto, при которых может потребоваться вмешательство

Радиоактивное загрязнение местности в результате аварии на Чернобыльской АЭС является показательным, но далеко не единственным примером ситуации de facto, при которой требуется вмешательство. Существует целый ряд ситуаций de facto, применительно к которым может быть рассмотрен вопрос о вмешательстве. Ситуации de facto могут быть долговременными, при которых не требуется принятие срочных мер, или требующими срочного решения, как, например, ситуации, складывающиеся в результате аварий, которые могут привести к получению высоких доз облучения, если не будут приняты соответствующие меры. (Авария на ЧАЭС повлекла за собой оба вида ситуаций.) Типичные долговременные ситуации можно проиллюстрировать на примере доз облучения вследствие высокого природного фона в целом (и радонового облучения в местах проживания людей в частности). Примером другой долговременной ситуации может служить воздействие остаточной радиоактивности от предыдущих событий (имеющееся в настоящее время радиоактивное загрязнение местности в результате аварии на Чернобыльской АЭС может служить примером подобной ситуации). Типичная ситуация, требующая оперативного решения, — это ситуация после аварии. (Начальный этап ликвидации последствий аварии в Чернобыле служит наглядным примером.)

7.11.1. Долговременные ситуации

Радон в жилых зданиях

Проблема облучения от радона в жилых помещениях заслуживает особого внимания, поскольку и индивидуальные, и коллективные дозы от радона выше, чем практически от любого другого источника. Во многих странах отдельные индивидуальные дозы облучения от радона значительно выше, чем допустимые дозы профессионального облучения. Если в этой ситуации необходимы корректировочные меры, они достигаются путем вмешательства, в том числе переоборудования жилых помещений или изменения режима проживания в них людей.

Остатки радиоактивных материалов в результате предыдущих событий

Длительное загрязнение, вызванное чернобыльской аварией, не является, тем не менее, уникальным случаем наличия радиоактивных веществ в результате предыдущего события. Наиболее общей причиной наличия радиоактивности является захоронение долгоживущих материалов, появляющихся в результате добычи полезных ископаемых или люминесцентных материалов, содержащих радий. Использование отходов от деятельности по добыче полезных ископаемых в качестве местных строительных материалов на строительных площадках вызвало серьезные проблемы. Здания, использованные для производства работ с радием, были использованы для других целей, а радий был фактически обнаружен спустя несколько лет. Имели место несколько аварий, при которых долгоживущие радиоактивные вещества распространялись в окружающей местности и на сельскохозяйственных угодиях. Необходимые восстановительные меры сильно отличаются по сложности и масштабам. Необходимость и размеры восстановительных мероприятий должны оцениваться путем сравнения выгод, получаемых за счет снижения доз облучения, с ущербом, который наносят сами восстановительные работы, включая те дозы облучения, которые могут быть получены в процессе производства восстановительных работ. Никакие общие решения, конечно, невозможны, но могут использоваться методы оптимизации, которые являются руководством к действию для каждого отдельного случая.

7.11.2. Ситуации, требующие немедленного принятия решений

Основное различие между аварийными ситуациями и другими ситуациями, при которых также необходимо вмешательство, это срочность, с которой следует принимать меры, а также после большинства аварий довольно непродолжительный срок действия этих мер.

Первым шагом в принятии решения о том, в какой форме должно выполняться вмешательство после аварии, является определение типа всех возможных мер защиты, а также расходов и ожидаемого снижения индивидуальных и коллективных доз как функции масштаба и продолжительности каждой из этих мер. Значительный объем предварительной работы по созданию экономических моделей и моделей загрязнения окружающей среды, а также по прогнозированию хода аварии является условием проведения таких оценок.

Поскольку на первом этапе проведение защитных мероприятий в любом, даже самом малом масштабе, может быть связано со значительными расходами, вполне возможна ситуация, при которой маломасштабные кратковременные меры по вмешательству, несмотря на большие капиталовложения, могут оказаться малоэффективными. По мере увеличения масштаба и срока действия данных мероприятий их эффективность сначала повышается без значительного роста затрат. В конечном результате дальнейшее повышение расходов не будет производить пропорционального эффекта и непосредственная эффективность опять понизится. При этом следует учитывать диапазон величин возможного эффекта вмешательства (индивидуальные дозы, которых удалось избежать), в пределах которого имеется оптимальный уровень. Если при этом оптимальном уровне есть уверенность в непосредственном эффекте мероприятий, вмешательство данного типа, масштаба и длительности будет оправданным. Исходное планирование действий в аварийной ситуации должно включать выбор уровней вмешательства с целью предотвращения получения дозы или ограниченный диапазон таких уровней вмешательства, которые могут обеспечить оправданное и хорошо оптимизированное вмешательство.

Эффективность конкретной защитной меры в рамках программы вмешательства следует оценивать на основании снижения дозы облучения или ожидаемой дозы облучения (величины неполученной дозы). Таким образом, каждое защитное мероприятие должно рассматриваться в контексте его эффективности. Например, решение о регулировании потребления отдельных продуктов питания принимается независимо от решения об ограничении употребления других продуктов питания или от решения об укрытии, или эвакуации людей. Кроме того, дозы, которые могут быть получены людьми через все возможные пути облучения, должны оцениваться независимо от того, могут к ним применяться защитные мероприятия или нет. Если суммарная доза, получаемая отдельными лицами, столь высока, что является неприемлемой даже для аварийных условий, следует срочно пересматривать технико-экономическое обоснование защитных мероприятий, направленных на борьбу с основными факторами получения суммарной дозы облучения. Дозы, вызывающие серьезные детерминистские эффекты или связанные с высокой вероятностью стохастических эффектов, требуют такого пересмотра. Для этих целей на этапе планирования необходимо выбрать уровень вмешательства для дозы, полученной через все пути облучения.

8. Достижение общего уровня понимания проблем между советскими специалистами и международными экспертами

8.1. Введение

Важной частью работы в рамках Международного чернобыльского проекта являлась организация встреч специалистов, в которых участвовали международные эксперты и советские ученые; во встречах принимали участие специалисты в области медицины, сельского хозяйства и оценки доз облучения. Основной целью таких встреч являлся поиск общего уровня понимания проблем воздействия радиоактивного облучения на людей, методов оценки доз, способов снижения доз облучения и выработка соответствующих критериев радиационной защиты. Необходимость в проведении так называемых медицинских и сельскохозяйственных семинаров была подтверждена; их проведение планировалось на первой стадии Проекта после подготовительной миссии международных экспертов. Затем в программу встреч был включен и семинар по радиоэкологии.

Вследствие характера сельскохозяйственных проблем в районах радиоактивного загрязнения, поддержка, предоставленная в рамках данной части Проекта, была расширена, и от основной цели стимулирования обмена информацией специалисты перешли к выполнению конкретных задач по понижению переноса радиоактивного цезия в продукты питания, помимо уже выполнявшихся мероприятий в этой области.

8.2. Медицинские семинары для врачей-терапевтов по воздействию ионизирующего излучения на здоровье людей

Основной группой людей, к которой общественность обращается за информацией и которой она доверяет, являются врачи. Знания этого круга специалистов о воздействии доз облучения на здоровье были неполными. Поэтому в каждой из трех республик, пострадавших от последствий аварии (Украинская ССР, Белорусская ССР, РСФСР) были проведены трехдневные семинары; целью их проведения явился обмен информацией о воздействии ионизирующего излучения на здоровье, а участниками обмена стали члены приехавшей группы международных экспертов и представители медицинских кругов из районов, пострадавших от аварии.

В ходе проведения семинаров ставились следующие цели:

— добиться лучшего взаимного понимания по медицинским проблемам в районах радиоактивного загрязнения; для этого были организованы доклады, обсуждения и обмен мнениями между прибывшими экспертами и местными врачами;
— ознакомить участников семинаров (в основном врачей-терапевтов) с результатами долговременных исследований заболеваний, возникших под действием радиоактивного облучения или в связи с ним; обсудить вопросы диагностики и лечения таких заболеваний, а также эпидемиологические методы, использованные в исследованиях заболеваемости и смертности в группах населения, получивших дозы радиоактивного облучения;
— обсудить основные принципы радиационной защиты с упором на проблемы, связаннные с неожиданными ситуациями de facto.

В состав группы международных экспертов входили ученые из Швеции, США, Венгрии, Японии и Секретариата МАГАТЭ, специализирующиеся в следующих областях медицины: клиническая онкология, радиобиология, профессиональная гигиена и биофизика; они представили участникам семинаров ряд сообщений по вопросам, описанным в Части Б данного Технического доклада.

Семинары проводились в г. Овруч Украинской ССР (10–12 июля 1990 года), г. Гомель Белорусской ССР (14–16 июля 1990 года) и в г. Новозыбков РСФСР (18–20 июля 1990 года). К участию в них привлекались более 1200 местных врачей и административный персонал. В число участников входили врачи больниц, терапевты поликлиник, профессиональные работники эпидемиологических центров и представители медицинских организаций из районов радиоактивного загрязнения и прилегающих районов.

МАГАТЭ предоставило 1000 экземпляров справочных материалов, которые были распространены среди участников семинаров. Тезисы большей части докладов (на английском языке) также были переданы местным организационным комитетам семинаров.

Программа состояла из трех основных блоков: основные принципы; воздействие радиационного облучения на здоровье людей; защита от вредного воздействия ионизирующего излучения. Темы обсуждения включали основные факты о радиации и радиоактивности: количествен-

ные данные и единицы измерения; пути получения человеком радиоактивного облучения; основы клеточной радиобиологии; острый синдром облучения — диагностика, прогноз заболевания, лечение; локализованные нарушения на первом этапе облучения; воздействие облучения на щитовидную железу — профилактика, диагностика и лечение; другие виды воздействия радиационного облучения на здоровье человека; отдаленное воздействие облучения — радиационный канцерогенез, отношение доза-реакция организма; последствия облучения плода в утробе; наследственное действие радиационного облучения; эпидемиологические методы, используемые для исследования заболеваемости и смертности в группах населения, и основные принципы радиационной защиты. Значительное время было отведено для вопросов и дискуссий.

Интерес местных медицинских работников и широкой общественности к семинарам был чрезвычайно высок. Это нашло свое отражение в оживленных открытых дискуссиях, профессиональный уровень которых был, по мнению международных экспертов, очень высок. Еще одним свидетельством интереса, проявленного к семинарам, были сотни профессиональных вопросов, заданных участниками семинаров международным экспертам (см. Приложение II). Семинар в г. Овруч был полностью записан на магнитофон с целью опубликования материалов для последующих совещаний или для других целей. Из зала в г. Овруч через систему громкоговорителей, установленных на улице, шла непрерывная трансляция семинара для многочисленных слушателей на улице; ход семинара достаточно подробно освещался в центральных и местных средствах массовой информации.

В ходе обсуждения некоторые участники отметили, что представленная информация была полной, весьма ценной и полезной для получения основного представления о воздействии радиационного облучения на здоровье людей. Они также высказали мнение, что полученная информация может использоваться в их каждодневной работе и контактах с больными.

8.3. Сельскохозяйственная деятельность

8.3.1. Ознакомительная поездка с целью сбора данных

В период с 12 по 24 августа 1990 года совместная группа экспертов ФАО/МАГАТЭ совершила ознакомительную поездку в СССР, которая явилась первым шагом по организации сельскохозяйственного семинара. Группа из четырех международных экспертов, представлявших ФАО, Великобританию, США и Норвегию, включала специалистов в области генетики, животноводства, почвоведения, растениеводства и общих проблем ведения сельского хозяйства в условиях радиоактивного загрязнения. Задача группы состояла в том, чтобы выявить проблемы земледельцев и сельскохозяйственных рабочих, связанные с проживанием и работой на территориях с радиоактивным загрязнением; определить наиболее эффективные типы, уровни и количество семинаров, способных обеспечить людей необходимой информацией, а также число участников; подготовить программы семинаров, рекомендовать лекторов и даты проведения. Кроме того, группа посетила ряд ключевых сельскохозяйственных институтов и познакомилась с информацией, которая существует по ведению сельского хозяйства на загрязненных территориях, сформулировала рекомендации по дальнейшей работе в данной области и предварительно рассмотрела отчеты об отклонениях во флоре и фауне и мутациях за пределами зоны отчуждения вокруг чернобыльской станции.

Группа вернулась с технической информацией и впечатлениями, большая часть которых была включена в различные части данного Технического доклада. В частности, они рекомендовали организовать сельскохозяйственные семинары с практическими предложениями по улучшению методики обработки почвы и по использованию на корм скоту считавшихся неприемлемыми грубых кормов с блокированием поступления цезия-137 при помощи специальных связующих элементов. Они также отметили, что семинары позволят доказать, что позитивные и экономически оправданные контрмеры могут быть эффективно использованы на территориях с относительно высоким уровнем радиоактивного выпадения, а также необходимость их соответствующего освещения в прессе. Было предложено еще до проведения серии семинаров организовать в Норвегии совместное совещание по использованию специальных связующих цезий элементов, в котором могли бы принять участие советские специалисты.

8.3.2. Совещание в Норвегии по связующим цезий элементам

В дальнейшем с 24 по 28 сентября 1990 года в Норвегии было организовано недельное совещание для группы из семи советских ученых в области сельского хозяйства, представителей министерств и трех республик (УССР, БССР и РСФСР), подвергшихся радиоактивному загрязнению в результате аварии на Чернобыльской

АЭС. Основной задачей совещания был обмен научной, технической и управленческой информацией, а также опытом использования методик снижения содержания цезия в молоке и мясе, полученном от пастбищных животных. Данная методика предполагала использование так называемых "связующих цезий элементов", которые добавлялись в грубые корма. Такие элементы, как бентонит и берлинская лазурь (железистый гексацианоферрат аммиака (II) (AFCF), содержащий ионы гексацианоферрата $[Fe(CN)_6]^{4-}$), фиксируют свободные ионы цезия в кишечнике и препятствуют их переходу в молоко и мясо через слизистую кишечника. Добавка таких веществ в корм скоту может значительно снизить содержание радионуклидов цезия в молоке и мясе (в десять и более раз), что было известно и использовалось в СССР и во всем мире еще до аварии на Чернобыльской АЭС. Однако, данная методика не применялась в качестве контрмеры в СССР по следующим двум причинам: (1) использование для этих целей берлинской лазури не допускается Министерством здравоохранения СССР и (2) большая часть проблем с пастбищным скотом появляется в случаях, когда скот пасется на естественных пастбищах и, таким образом, тяжело вводить какие-либо добавки. В Норвегии были разработаны методики введения берлинской лазури в организм оленей, коз и овец, выпасавшихся на пастбищах, загрязненных радиоактивным цезием, таким образом, что это оказывало минимальное влияние или наносило минимальный ущерб животноводству. В соответствии с методикой берлинскую лазурь вводили в подкормку, что при испытании на овцах снижало уровни содержания цезия в мясе в два–три раза только в результате пассивного поглощения вместе с солью. Более того, был разработан болюс длительного действия, который в течение трех–четырех месяцев выделял берлинскую лазурь в передний желудок, и переход цезия в мясо и молоко снижался более чем в пять раз.

Советские специалисты посетили Министерство сельского хозяйства Норвегии, Национальный институт радиационной гигиены, Сельскохозяйственный университет Норвегии, а также фермерские хозяйства и лабораторию ветеринарного контроля в районах наибольшего радиоактивного выпадения. Они получили информацию об общей обстановке в Норвегии в том, что касается радиоактивного загрязнения почвы, сельскохозяйственных культур, водных ресурсов и лесов, а также о содержании радиоактивности в организме домашних и диких животных (в молоке, мясе и рыбе). Норвежские специалисты по сельскому хозяйству познакомили советских специалистов с результатами и ходом своих исследовательских работ, а также с системой контроля продуктов питания и окружающей среды. Было рассказано о национальных программах работы со средствами массовой информации и с фермерами. Важным моментом явилась демонстрация использования связующих цезий элементов, которые использовались в Норвегии для снижения уровней концентрации цезия в молоке и мясе пастбищных животных. Советские специалисты оценили значимость использования современных средств контроля животных in vivo, а также компенсационных программ в Норвегии. На совещании также была окончательно разработана программа семинаров по сельскому хозяйству, а также предполагаемые эксперименты с берлинской лазурью в каждой из трех республик до организации семинаров. Следует отметить, что на совещании были установлены тесные связи между норвежскими учеными и их советскими коллегами в области животных продуктов, имеющих радиоактивное загрязнение.

8.3.3. Сельскохозяйственные эксперименты в трех республиках

Как уже было сказано выше, эксперименты с берлинской лазурью были предложены колхозам в каждой из трех республик. Эксперименты проводились в Гомеле (БССР), Новозыбкове (РСФСР) и в Полесском (УССР). Группы коров подвергались одному из трех курсов ветеринарной обработки. При этом проводился контроль, вводились два и три болюса связующих цезий элементов. Каждая группа состояла из шести животных, а режим откорма был таким, что при обычных условиях молоко должно было содержать относительно высокие концентрации цезия. В Гомеле это было связано с трудностями, так как местные специалисты считали, что трудно подобрать корма с таким уровнем радиоактивного загрязнения. Эксперимент в Украинской ССР был прерван в связи с тем, что колхоз был отселен в конце октября. Однако, на экспериментальной ферме был поставлен дополнительный эксперимент, предполагавший использование от 2 до 4 болюсов на корову.

Большой интерес к экспериментам проявило местное население, а в Украинской ССР интерес был настолько велик, что ветеринарная обработка животных была поручена местному персоналу после того, как была продемонстрирована методика введения болюсов. Были сняты фильмы о применении болюсов и об использовании связующих цезий элементов в Украинской ССР и в Белорусской ССР.

Контроль животных на содержание радиоактивного цезия in vivo осуществлялся после прове-

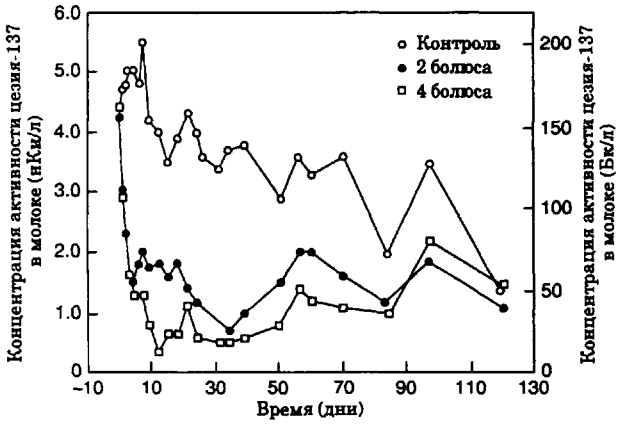


Рис. 16. Результаты экспериментов в УССР с болюсами, содержащими связующее цезий вещество AFCF. График концентрации активности цезия-137 в молоке с течением времени для трех групп коров молочной породы, первая из которых не получала болюс совсем, вторая получала 2 болюса и третья — 4 болюса, соответственно

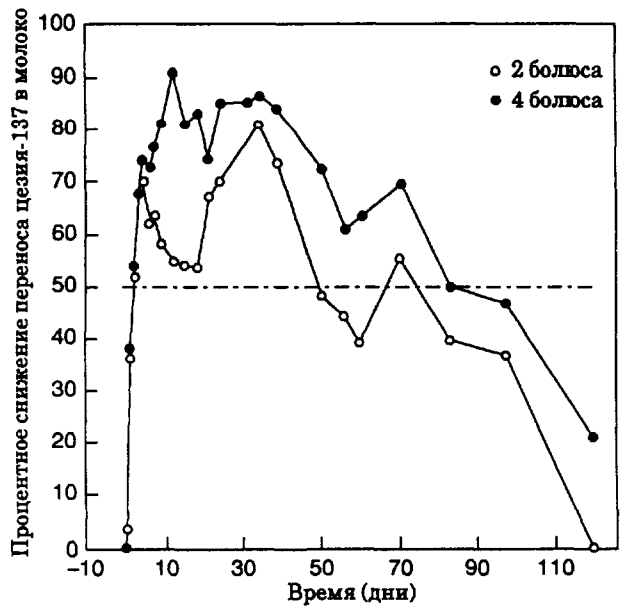


Рис. 17. Результаты экспериментов в УССР с болюсами, содержащими связующее цезий вещество AFCF. График процентного снижения концентрации активности цезия-137 в молоке с течением времени после приема двух и четырех болюсов

дения ветеринарной обработки. Еженедельно ученые Всесоюзного института сельскохозяйственной радиологии проводили замеры содержания радиоактивного цезия в молоке. На рис. 16 показана временная зависимость активности цезия-137 в молоке, получаемого от трех групп животных: не проходивших обработки, получавших два болюса и четыре, соответственно. На рис. 17 показано относительное изменение проникновения цезия-137 в молоко обработанных животных: отмечалось примерно 70-процентное снижение через первый месяц после введения двух болюсов, а в последующий месяц наблюдалась стабилизация на уровне 50%. Результаты, достигнутые при введении четырех болюсов, были значительно выше. Эксперименты, проведенные в двух других республиках, дали аналогичные результаты. За время проведения эксперимента не было выявлено отрицательного воздействия на продуктивность коров.

Советские специалисты и профессор Хове обсуждали и вторичные проблемы, связанные с недостатком микроминералов (кобальта, цинка, молибдена) в рационе коров, на что, очевидно, повлияла обработка загрязненных территорий известью и доломитом. Включение микроэлементов в состав берлинской лазури может явиться одним из способов связывания цезия и одновременного введения микродобавок.

8.3.4. Семинары по ведению сельского хозяйства

В Белорусской ССР, Украинской ССР и в РСФСР в период с 28 октября по 4 ноября 1990 года был проведен ряд семинаров по ведению сельского хозяйства на загрязненных территориях.

Основной целью этих семинаров было:

— Предоставление общей информации и ознакомление работников сельского хозяйства, администраторов, колхозников, местных властей и других заинтересованных лиц с проблемами, относящимися к ведению хозяйства на загрязненных сельскохозяйственных угодьях.
— Предоставление возможности местным специалистам обменяться информацией с международными экспертами по прошлым, текущим и будущим исследованиям в области ведения хозяйства на зягрязненных территориях.
— Рассмотрение и анализ национального и международного опыта использования данных методов и применения связывающих цезий элементов для снижения его перехода в сельскохозяйственные продукты.
— Предоставление практических рекомендаций местным властям, специалистам в области сельского хозяйства и сельскохозяйственным рабочим по ведению хозяйства на загрязненных территориях.
— Демонстрация использования различных методов и методик экспресс-контроля за содержанием радиоактивного цезия в животных.

— Информирование заинтересованных сторон, включая прессу, о соответствующих разработках в данной области.
— Обобщение международного опыта информирования населения о радиоактивном загрязнении сельскохозяйственных угодий.
— Рассмотрение социально-экономических и психологических проблем, связанных с проживанием и работой в таких условиях.
— Рассмотрение и обсуждение международного опыта, накопленного при разных уровнях вмешательства в области обработки или использования сырых сельскохозяйственных продуктов питания, а также возможности их практического использования.
— Обсуждение системы контроля и способов использования загрязненных сельскохозяйственных продуктов, включая их обработку (приготовление, консервирование, разбавление и др.).

В состав экспертов вошли специалисты из Австрии, Норвегии, Великобритании и Секретариата МАГАТЭ, являющиеся специалистами по вопросам почвоведения, обработке посевов, ветеринарии, радиоэкологии, применения физических методов в здравоохранении и радиационной защиты.

Серия этих семинаров носила частично теоретический и частично практический характер. Теоретическая часть семинара была проведена в Гомеле, БССР, 28–29 октября 1990 г. Первый день был посвящен обсуждению научных и технических аспектов перечисленных ранее целей; в течение второго дня основная работа была сконцентрирована на практической реализации методов и необходимой помощи и поддержке со стороны административных органов. В работе в первый день участвовало примерно 100 человек ученых всех трех республик и из СССР; на второй день в работе приняло участие 150 человек из числа административных работников, руководителей проектов и лиц, принимающих решения на различном уровне, а также других заинтересованных лиц (как, например, представители движения "зеленых", прессы и других средств массовой информации).

В программу научно-технических семинаров были включены доклады о сведениях, собранных группами по сбору данных; по сравнению предписываемых национальных и международных уровней вмешательства при использовании пищевых продуктов; по измерениям выпадения радионуклидов на почву; по обработке загрязненной почвы; о загрязнении и поглощении нуклидов сельскохозяйственными растениями и кормом животных; по исследованию in vivo пастбищных животных; по химическим соединениям, связывающим цезий; по исследованиям, проводившимся в различных странах. Были представлены предварительные результаты использования берлинской лазури после ее введения коровам в БССР. Значительное время было отведено дискуссиям, особенно по использованию соединений, связывающих цезий.

Практическая часть состояла из трех идентичных семинаров в Гомеле (БССР), Новозыбкове (РСФСР) и Коростене (УССР). В работе этих семинаров принимали участие колхозники, работники ферм, представители службы здравоохранения, ветеринары и др. Количество участников на каждом семинаре составляло 200 (БССР), 300 (РСФСР) и 800 (УССР) человек.

Программа практических семинаров включала обоснование Международного чернобыльского проекта, результаты работы миссии по сбору данных; сравнение национальных и международных предписываемых уровней вмешательства при производстве и употреблении продуктов питания; использование соединений, связывающих цезий, для пастбищных животных; методы снижения уровней цезия при питании посредством соответствующей обработки продуктов питания. В БССР и УССР на семинарах были продемонстрированы сделанные двумя неделями ранее видеозаписи эксперимента по введению коровам соединений, связывающих цезий. Программа была составлена таким образом, чтобы участники семинара могли задавать вопросы. Много вопросов было связано с эффективностью и безопасностью использования соединений, связывающих цезий, а также с проживанием в пострадавших районах, концепцией дозы в течение жизни человека в 350 мЗв, с уровнями вмешательства и общими уровнями загрязнения окружающей среды в странах, представленных прибывшими специалистами, и с общими вопросами радиационной защиты. Другие вопросы, касающиеся отдельных продуктов питания, относились к эффективности различных способов мытья и переработки продуктов для снижении в них уровней радиоактивного цезия. У специалистов создалось впечатление, что основные данные по эффективности обычных способов переработки пищевых продуктов не были доведены до сведения населения, особенно в Гомеле и Коростене.

МАГАТЭ выпустило 700 экземпляров брошюры на четырех страницах, которые раздавались на практических семинарах. В брошюре содержалась обзорная информация на русском языке о содержании животных в загрязненных районах (включая обсуждение вопросов о соединениях, связывающих радиоактивный цезий, а

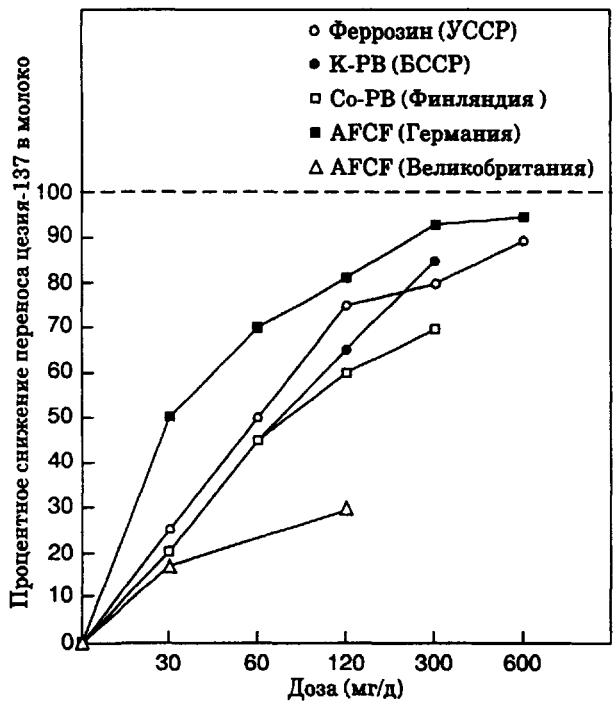


Рис. 18. Эффективность различных видов берлинской лазури. График процентного снижения переноса цезия-137 в молоко относительно дозировки

также о специализированных режимах кормления); о проблемах использования пахотных земель, в том числе вспашки, внесения удобрений и других химических веществ, а также вопросы агротехники); о проблемах переработки пищевых продуктов; о производных уровнях вмешательства для продуктов питания. Все слушатели трех семинаров выразили желание получить по экземпляру брошюры. В советские организационные комитеты были переданы также краткие аннотации большей части научно-технических докладов на английском языке.

8.3.5. Исследования веществ, связывающих радиоактивный цезий

В настоящее время использование берлинской лазури в качестве соединения, связующего радиоактивный цезий, не разрешено в СССР. Необходимо разрешение Министерств здравоохранения СССР и Министерства сельского хозяйства СССР. Министерству здравоохранения СССР был представлен перечень справочных материалов выполненных работ по изучению токсичности соединения, эффективности использования и другим потенциальным проблемам. Наряду с этим были переданы экземпляры документов, обосновывающих разрешение на использование этого соединения в Норвегии.

В настоящее время в СССР производится несколько типов берлинской лазури, которые используются в качестве красителей. Однако, для получения разрешения официальных органов на использование этого соединения в качестве вещества, связывающего радиоактивный цезий в организме животных, требуется соответствие этого вещества определенным критериям качества и безопасности. Для этой цели в Сельскохозяйственный университет Норвегии были посланы образцы берлинской лазури типа железистого гексацианоферрата аммиака (II) (AFCF) и железистого гексацианоферрата калия (II), который производится в БССР, РСФСР и УССР. Эти образцы проверялись на чистоту, специфичность и эффективность снижения уровня поглощения радиоактивного цезия пастбищными животными. На рис. 18 в графическом изображении представлена эффективность снижения содержания радионуклидов в козьем молоке благодаря применению берлинской лазури, производимой в БССР и УССР. На рисунке представлен уровень снижения перехода цезия-137 в молоко в соотношении с ежедневным количеством принимаемой берлинской лазури. Приводятся также сравнительные результаты для других производителей берлинской лазури. Можно заметить, что продукция, производимая в БССР и УССР, сравнима с продукцией других производителей и по многим показателям превосходит продукцию, производимую в Великобритании. Данные по чистоте и специфичности пока не представлены.

В зависимости от того, насколько методика применения берлинской лазури в принципе подходит для пастбищного скота, и до принятия решения о полномасштабном применении этой методики, весьма желательным представлялось проведение экспериментального исследования в реальных условиях сельскохозяйственного производства. Имеются в наличии планы такого исследования. Целью исследования является определение проблем и принятие решений по организации производства и распределения веществ, связывающих радиоактивный цезий, радиологическому контролю животных и измерению содержания радиоактивных веществ в продуктах питания, по вопросам экономической эффективности принимаемых мер. Главные выводы данного исследования должны заключаться в выдаче рекомендаций по оптимизации механизма применения веществ, связывающих радиоактивный цезий, и по осуществлению контроля.

8.4. Семинар по радиоэкологии. Систематическая оценка индивидуальных доз облучения в результате выброса радионуклидов в окружающую среду

Проведение данного семинара в рамках Проекта состоялось в ответ на обращение УССР к МАГАТЭ. Основные цели семинара заключались в следующем:

— Разъяснение принципов экологического моделирования, позволяющего прогнозировать дозы, получаемые в результате выброса радионуклидов в окружающую среду, уделяя особое внимание выбросам с предприятий по переработке отходов.
— Экспертиза данных, необходимых для проведения таких оценок, и обзор методик получения такой информации.
— Обзор поведения основных радионуклидов в биосфере и степени их воздействия на человеческий организм.
— Содействие обмену научно-технической информацией между специалистами в данной области и пониманию важности такого обмена в дальнейшем.
— Обеспечение возможности извлечения уроков из аварии на Чернобыльской АЭС, уделяя особое внимание вышеперечисленным вопросам.

Семинар состоялся в Киевском университете, УССР, 21–25 января 1991 года, с участием преподавателей из Канады, Германии, Испании, Великобритании и Секретариата МАГАТЭ. Курс лекций включал в себя вопросы радиоактивности окружающей среды, путей распределения облучения, моделирования оценки доз, сбора и обработки проб, обеспечения качества проводимых исследований, определения параметров, надежности моделей, анализа устойчивости моделей к изменению параметров, утверждения моделей, представления результатов, принятия решений и анализа конкретных исследований оценок доз на практике. Как и на других семинарах, программой предусматривалось достаточное время для ответов на вопросы участников.

Количество участников семинара составляло приблизительно 200 представителей БССР, РСФСР и УССР, имеющих необходимый уровень подготовки по вопросам радиобиологии, биологии, экологии, здравоохранения и надзора. МАГАТЭ подготовило 200 экземпляров Серии изданий по безопасности № 77"Основные принципы ограничения выброса радиоактивных материалов в окружающую среду" на русском языке, по одному экземпляру на каждого участника. Кроме того, преподавательский состав подготовил для зарубежных участников краткое изложение большинства выступлений на английском языке.

8.5. Заключение и общие выводы

В табл. 7 представлены сведения по количественному и профессиональному составу участни-

Таблица 7
Сводное количество участников семинаров и их профессиональный состав

Наименование семинара	Количество участников	Профессиональный состав участников
Медицинский	1200	Местные врачи, административные работники здравоохранения, врачи больниц, врачи общей практики, профессиональные работники эпидемиологических центров и руководители органов здравоохранения
Сельскохозяйственный		
Теоретический	150	Ученые-аграрники, административные работники, руководители хозяйств и лица, принимающие решения, специалисты в области экологии, представители средств массовой информации
Практический	1300	Колхозники и рабочие совхозов, представители государственных служб, ветеринары
Радиоэкологический	200	Специалисты в области радиоэкологии, радиационной биологии, ученые-экологии, официальные лица государственной системы здравоохранения, надзорных и контрольных органов

ков трех выпусков семинаров, организованных в рамках Международного чернобыльского проекта. Проведение семинаров было весьма своевременным в свете растущей обеспокоенности населения и постоянного спроса на точную техническую информацию по последствиям аварии на ЧАЭС для загрязненных территорий. Проведение семинаров получило большую поддержку и было оценено как значительный вклад в решение проблемы установления общего уровня понимания имеющихся задач.

Семинары широко освещались средствами массовой информации. Международные эксперты с готовностью, открыто и честно отвечали на вопросы, что было признано весьма важным обстоятельством. Это подтверждается огромным количество вопросов и ходом заинтересованного обсуждения. Во всех случаях дискуссии сводились к проблемам здравоохранения, концепции "безопасного проживания", а также проблемам технического характера, связанным с повесткой дня каждого семинара.

В связи с этим было признано необходимым оказание международной помощи по контролю ситуации, которая должна продолжаться при содействии ВОЗ и ФАО в рамках существующих соглашений по совместной работе. В области сельского хозяйства ускорена подготовка практической программы сотрудничества в отношении применения веществ, связывающих радиоактивный цезий в кормах для пастбищного скота.

И наконец, с помощью семинаров удалось не только достигнуть прогресса в достижении поставленных задач, но и в установлении прямых контактов между специалистами и главными представителями ведущих исследовательских институтов СССР. Такие контакты направлены на развитие дальнейшего сотрудничества и обмен необходимой информацией, относящейся к вопросам, обсужденным на семинарах.

Литература

[1] UNITED NATIONS, Genetic and Somatic Effects of Ionizing Radiation (Report to the General Assembly), Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR), EEE.86.IX.9, UN, New York (1986).

[2] UNITED NATIONS, Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation (Report to the General Assembly), Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR), E.8IX.7, UN, New York (1988).

[3] INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION, 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, Publication 60, Pergamon Press, Oxford and New York (1991).

[4] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, The Radiological Accident in Goiânia, IAEA, Vienna (1988).

[5] INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION, Non-stochastic Effects of Ionizing Radiation, Publication 41, Pergamon Press, Oxford and New York (1984).

[6] UNITED NATIONS, Sources and Effects of Ionizing Radiation (Report to the General Assembly), Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR), E.77.IX.1, UN, New York (1977).

[7] UNITED NATIONS, Ionizing Radiation: Sources and Biological Effects (Report to the General Assembly), Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR), E.82.IX.8, UN, New York (1982).

[8] COMMITTEE ON THE BIOLOGICAL EFFECTS OF IONIZING RADIATIONS, NATIONAL RESEARCH COUNCIL, The Effects on Populations of Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation (BEIR-III), National Academy Press, Washington, DC (1980).

[9] COMMITTEE ON THE BIOLOGICAL EFFECTS OF IONIZING RADIATIONS, NATIONAL RESEARCH COUNCIL, Health Effects of Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation (BEIR-V), National Academy Press, Washington, DC (1990).

[10] PRÊTRE, S., "A compromise regarding the three different cultural responses to the 'de minimis' question", Rules for Exemption from Regulatory Control, (Proc. Workshop Washington, DC, 1988) NUREG/CP-0101, United States Nuclear Regulatory Commission, Washington, DC (1989).

Часть В
Картина исторических событий

Содержание

1. Введение 83

2. Авария и аварийные меры на площадке 83
   2.1. Взрыв 83
   2.2. Борьба с пожаром 84
   2.3. Аварийное медицинское обслуживание 84
   2.4. Извещение Москвы и создание Правительственной комиссии 85
   2.5. Аварийные меры 86
   2.6. Ограничение дальнейшего повреждения активной зоны 88
   2.7. Выбросы и перенос радиоактивных веществ 90
   2.8. Защита рек и Киевского водохранилища 93
   2.9. Сооружение "саркофага" 93
   2.10. Повторный пуск блоков 1, 2 и 3 94
   2.11. Аварийные рабочие и ликвидаторы аварии 95
   2.12. Текущее состояние Чернобыльской АЭС 96
   2.13. Захоронение отходов 98

3. Влияние аварии на население и окружающую среду 99
   3.1. Эвакуация Припяти 99
   3.2. Расширение зоны эвакуации 101
   3.3. Оценка путей облучения 102
   3.4. Меры вмешательства 104
   3.5. Сельское хозяйство и поставка пищевых продуктов 106
   3.6. Действие на окружающую среду 114
   3.7. Воздействие на состояние здоровья населения 115
   3.8. Медицинский контроль на загрязненных территориях 116

4. Социально-экономические последствия 117
   4.1. Белорусская ССР 118
   4.2. РСФСР 120
   4.3. Украинская ССР 121

5. Социально-политические аспекты 125
   5.1. Разработка концепции безопасного проживания 125
   5.2. Политические противоречия 128
   5.3. Обращение СССР за помощью в МАГАТЭ 129

Литература 131

1. Введение

В Части В доклада дается историческое описание событий после чернобыльской аварии, которая привела к загрязнению окружающей среды и последующим радиационным воздействиям. Основная задача настоящего раздела состоит в том, чтобы дать необходимую историческую основу для последующих разделов доклада, в которых рассматриваются вопросы путей облучения людей и полученных ими доз, а также возможного воздействия на их здоровье и принятия защитных мер. Дается также описание случаев отклонений в поведении людей после аварии.

Источниками при подготовке настоящего раздела стали многочисленные статьи, документы и книги о чернобыльской аварии и ее последствиях, а также интервью, взятые группами международных экспертов во время своих визитов в СССР в рамках настоящего Проекта у многих очевидцев катастрофы и официальных лиц, работающих в различных институтах и правительственных учреждениях. Несомненно, данное описание исторических событий будет неполным. Только компетентные органы и организации, ученые и граждане СССР, которые были вовлечены в эту работу, могут дать полное историческое описание событий.

Мы старались представить фактический материал, но при этом также рассматривали вопросы политики и ее реализации в жизнь компетентными органами СССР, БССР, РСФСР и УССР с учетом исторического хода событий. При представлении событий должны учитываться те экстремальные условия и обстоятельства, с которыми сталкивались те, кто имел дело с аварией, беспрецедентной по своим масштабам и последствиям. Настоящий доклад ни в коем случае не имел своей целью выразить или навязать суждения на основании ретроспективного взгляда или умалить смелость тех, кто работал, чтобы спасти жизнь другим, и тех, кто должен был принимать трудные решения на основании ограниченной в то время информации.

2. Авария и аварийные меры на площадке

2.1. Взрыв

На момент аварии в ранние часы в субботу 26 апреля 1986 года на Чернобыльской атомной электростанции работало около 200 человек, обеспечивавших нормальную работу блоков 1, 2 и 3 и эксперимент на блоке 4, который привел к разрушительному взрыву. Причина взрыва достаточно хорошо изложена в работах [1,2]. Кроме того, 300 человек работало в ночную смену на строительстве двух других реакторов (блоки 5 и 6), находящихся на расстоянии около одного километра (рис. 1).

Около 01 часа 24 минут по московскому времени два последовавших друг за другом взрыва сорвали крышу со здания реактора 4, выбросив бетон, графит и осколки и образовав зияющую дыру, обнажившую активную зону реактора [1–5]. Дым и газы поднялись на высоту более одного километра, а с ними большое количество уранового топлива, трансурановых элементов и продуктов деления из активной зоны, включая практически все благородные газы. Более тяжелые вещества выпали вблизи станции, а легкие были отнесены радиоактивным облаком на север и запад от станции, что привело к радиоактивному загрязнению на участках их выпадения. Самые легкие вещества были подняты теплом взрыва на высоту более одного километра и унесены на северо-запад [1–5].



Рис. 1. Карта ближайшего окружения Чернобыльской АЭС. [Источник: [18]]

На крыше смежного здания турбинного зала возник пожар. Пожар, сопровождаемый облаками пара и пыли, возник и внутри здания 4-го блока [3,4]. Графит, составлявший основную часть активной зоны, загорелся от тепла и взрыва. Рабочий, проводивший операции над реактором, погиб при взрыве мгновенно; извлечь его тело было невозможно. Другой работник получил сильные ожоги и травмы; через несколько минут он был извлечен, но умер спустя несколько часов от полученных им поражений [3–5].

2.2. Борьба с пожаром

Оповещения о пожаре поступили в пожарные подразделения района [1,4,5]. Через несколько минут прибыли пожарные станции, за которыми вскоре последовали другие команды из района Припяти. Припять была самым ближайшим населенным пунктом, приблизительно в трех километрах от площадки, где проживал основной контингент работников АЭС. Другие пожарные бригады начали прибывать из других мест в течение получаса. Пожарная бригада Припяти, видимо, не была специально обучена борьбе с пожаром на ядерном реакторе в радиационных условиях [4]. Часть пожарных начала вместе с персоналом станции тушить пожар в турбинном зале и в здании 4-го блока. Другие поднялись на крышу здания 3-го блока и турбинного зала для борьбы с огнем. Горячие куски горящего графита из взорвавшейся зоны реактора переносились вручную с крыши и сбрасывались вниз.

В пультовой 4-го блока, несмотря на то, что были потеряны все средства контроля основных параметров активной зоны, операторы похоже сначала не представляли, что произошло разрушение активной зоны. Взрыв активной зоны реактора считался невозможным с точки зрения советских ядерных экспертов [6,7]. Даже после того, как спасатели вошли в здание 4-го блока и доложили о разрушении активной зоны, в течение нескольких часов операторы не воспринимали их первые доклады как достоверные [3,4, 7,8]. Таким образом, операторы продолжали изыскивать возможность направить большее количество воды в здание реактора 4-го блока для борьбы с огнем; загрязненная вода попадала под активную зону на нижние этажи, которые соединялись с другими блоками [2,7].

На рассвете в субботу более 100 пожарных сумели погасить пожар на крышах и примерно к 05 часам 00 минутам весь пожар был потушен, за исключением горящего графита в активной зоне [2,3]. Эти мужественные действия пожарных и персонала станции на первом этапе аварии сопровождались многочисленными травмами, но сыграли важную роль в предотвращении распространения пожара на другие блоки, а также взрыва водорода или пожара, который мог возникнуть в результате возгорания масла в турбинах [2,3,5]. После того, как пожар был потушен, многие пожарные продолжали еще находиться в помещениях в состоянии полной готовности, что привело к ряду облучений [3,7].

Уровни излучения в поврежденной части станции и вокруг нее были так велики, что приборы станции были не в состоянии их измерить [3,8]. Зашкаливание наличных портативных радиометров привело к невозможности делать регулярные измерения. По всей вероятности, те, кто входил в помещения для спасения других людей, для борьбы с пожаром, выполнения критически важных операций или оценки ущерба, не знали, насколько велик риск облучения. Как теперь стало известно, уровни излучения в некоторых доступных местах превышали 100 Гр/ч [3,9]. В результате неинформированности, а также срочности мер по борьбе с огнем не было предпринято мер по снижению облучения и дозовых нагрузок на персонал. Персонал станции и пожарные не имели индивидуальных дозиметров для измерения доз облучения. В результате всего этого многие пожарные АЭС и другие, которые боролись с пожарами, получили серьезное облучение. В некоторых случаях дозы облучения превышали 10 Гр. В течение первого часа первые пострадавшие от острой лучевой болезни (ОЛБ) стали очевидны. В первые 12 часов после аварии было зарегистрировано 132 случая облучения высокими дозами [2]. (См. Дополнение к Приложению Ж [10].)

2.3. Аварийное медицинское обслуживание

Персонал станции, вспомогательные и аварийные бригады, находившиеся на площадке вблизи места аварии, подверглись различным видам облучения от многих источников: кратковременное внешнее гамма-бета-облучение от выброшенного газового облака, внешнее гамма-бета-облучение спадающей интенсивности от осколков поврежденной активной зоны реактора, разбросанных по площадке, вдыхания газов и аэрозольно-пылевых частиц, содержащих смесь радионуклидов, и от осаждения этих частиц на кожу и на слизистые оболочки во время выброса больших количеств пара и пыли. Наиболее существенное облучение было связано с общим внешним и относительно одинаковым гамма-

облучением всего тела и бета-облучением поверхности кожи. Основная клиническая картина — это четкая ОЛБ, вызванная гамма-облучением всего тела и бета-облучением больших поверхностей кожи.

Небольшие бригады медицинского персонала и аварийные команды оказывали первую медицинскую помощь и уход за пострадавшими в первые 3–6 часов после аварии [3,9]. Они эвакуировали некоторых пострадавших в медсанчасть и выдали противорвотные и симптоматические препараты, а также йодистый калий (KI). Таблетки йодистого калия были выданы и некоторым операторам, чтобы снизить накопление радиоактивного йода при вдыхании загрязненного воздуха, который проник в остальные три блока через соединительные коридоры и вентиляционную систему [3]. В течение дня аварии те лица, которые участвовали в аварийных мероприятиях, прошли обязательное медицинское обследование. 132 человека, которые считались пораженными острой лучевой болезнью в первые часы, были госпитализированы в Припяти.

Приблизительно через 12 часов на площадку прибыла специальная аварийная бригада. За 36 часов она обследовала 350 человек в медсанчасти на станции и сделала около 1000 анализов крови, по два–три анализа для каждого человека. (См. Дополнение к Приложению Части Ж [10].)

В результате всего этого, в течение первых трех дней после аварии в целом более 299 человек с подозрением на острую форму лучевой болезни были направлены либо в специальный центр в Москве, либо в больницы Киева. В течение нескольких последующих дней еще около 200 людей были госпитализированы в эти больницы для обследования. Пациенты обследовались на радиоактивное загрязнение и, в случае необходимости, проходили дезактивацию. Брались анализы крови и мочи для проверки присутствия радионуклидов. В первые 6–10 дней на месте проводилось от 4 до 6 измерений концентрации радиоактивного йода в щитовидной железе спасателей. Кроме того, клиники, оборудованные сцинтиляционными или полупроводниковыми детекторами, использовались для определения дозы облучения всего тела [9]. (См. Дополнение к Приложению Части Ж [10].)

Общее число лиц, находившихся на реакторной площадке 26 апреля, у которых в последующем выявились клинические эффекты облучения или ожогов, в конечном счете составило 203 человека, из которых 115 человек начали курс лечения на второй день после аварии в специализированном медицинском центре в Москве. (См. Дополнение к Приложению Части Ж [10]). Двенадцать пациентов с явно выраженными клиническими формами ОЛБ и один человек с четвертой степенью ОЛБ были также госпитализированы в Киеве (См. табл. 1 и 2). К ноябрю 1986 года общее число госпитализированных лиц возросло с 203 до 237 человек, не считая других лиц, страдающих от первой степени ОЛБ. К тому времени по поводу первой степени ОЛБ в специализированном медицинском центре Москвы на госпитализации находился 31 человек и 109 в Киеве (См. Дополнение к Приложению Части Ж [10]). Двадцать восемь человек с ОЛБ скончались. Шестнадцать человек все еще проходили курс лечения в Москве в 1988 году.

2.4. Извещение Москвы и создание Правительственной комиссии

В первые моменты аварии в Чернобыле сигналы о происшедшем поступили автоматически в

Таблица 1
Степени острой лучевой болезни (ОЛБ). Распределение больных ОЛБ, находившихся на излечении в специализированном лечебном центре

Степень тяжести ОЛБ	Количество больных	Количество смертных случаев
I Легкая	31	—
II Средняя	43	1
III Опасная	21	7
IV Очень опасная	20	20

Источник: Дополнение к Приложению Ж [10].

Таблица 2
Симптомы ОЛБ. Прогностические группы в соответствии со степенью тяжести костно-мозгового синдрома

Степень тяжести костно-мозгового синдрома		Доза (Гр)
I	Легкая	1–2
II	Средняя	2–4
III	Опасная	4–6
IV	Очень опасная	>6

Источник: Дополнение к Приложению Ж [10].

Таблица 3

Выброс радионуклидов [2]

Радионуклид	Период полураспада (дни)	Общее количество[a] (Бк)	Процент выброса (%)
Kr-85	3930	$3,3 \times 10^{16}$	~100
Xe-133	5,27	$1,7 \times 10^{18}$	~100
I-131	8,05	$1,3 \times 10^{18}$	20
Te-132	3,25	$3,2 \times 10^{17}$	15
Cs-134	750	$1,9 \times 10^{17}$	10
Cs-137	$1,1 \times 10^{4}$	$2,9 \times 10^{17}$	13
Mo-99	2,8	$4,8 \times 10^{18}$	2,3
Zr-95	65,5	$4,4 \times 10^{18}$	3,2
Ru-103	39,5	$4,1 \times 10^{18}$	2,9
Ru-106	368	$2,0 \times 10^{18}$	2,9
Ba-140	12,8	$2,9 \times 10^{18}$	5,6
Ce-141	32,5	$4,4 \times 10^{18}$	2,3
Ce-144	284	$3,2 \times 10^{18}$	2,8
Sr-89	53	$2,0 \times 10^{18}$	4,0
Sr-90	$1,02 \times 10^{4}$	$2,0 \times 10^{17}$	4,0
Np-139	2,35	$1,4 \times 10^{17}$	3
Pu-238	$3,15 \times 10^{4}$	$1,0 \times 10^{15}$	3
Pu-239	$8,9 \times 10^{6}$	$8,5 \times 10^{14}$	3
Pu-240	$2,4 \times 10^{6}$	$1,2 \times 10^{15}$	3
Pu-241	4800	$1,7 \times 10^{17}$	3
Cm-242	164	$2,6 \times 10^{16}$	3

[a] Распад уточнен по состоянию на 6 мая 1986 г. и подсчитан по нормам, установленным советскими специалистами.

Центральный аварийный центр Министерства атомной энергетики и промышленности СССР в Москве. Эти сообщения указывали на то, что произошло серьезное событие, связанное с ядерным реактором, сопровождавшееся взрывом, пожаром и излучением. В соответствии с национальным планом на случай аварийной ситуации дежурный немедленно информировал всех лиц по списку, и каждый из этих оповещенных лиц начал действовать в соответствии с письменными инструкциями. Официальные лица немедленно прибыли в аварийный центр в Москве для анализа поступающей информации. Первые телефонные переговоры со станцией указывали (ошибочно) на то, что активная зона все еще не была повреждена и авария находится под контролем [3,5,7,11].

Через несколько часов сотрудники Министерства атомной энергетики и промышленности СССР в Москве пришли к выводу, что в связи с пожаром и несчастными случаями необходимо послать на станцию группу специалистов. По мере поступления информации, хотя весь масштаб аварии и не был до конца ясен, было принято решение, что авария достаточно серьезная и необходимо командировать представителей основных министерств и ведомств, включая военных, для того, чтобы непосредственно на месте руководить последующим ходом работ на станции. Позже, в субботу утром, руководители министерств и коммунистической партии сформировали Правительственную комиссию с правом координации работ по "ликвидации" последствий аварии, а также с полномочиями мобилизации ресурсов, необходимых для ликвидации аварии [3,5,7,9] (см. табл. 3 и рис. 2).

Первая группа правительственных специалистов прибыла на Чернобыльскую станцию во второй половине дня в субботу 26 апреля и провела обследование площадки с целью проведения оценки ущерба. Воздушное наблюдение с помощью вертолетов гражданской обороны дало первые ясные доказательства значительного повреждения реактора 4-го блока. Наличие графитовых блоков высокой активности за пределами 4-го блока подтвердило разрушение активной зоны при взрыве [3].

2.5. Аварийные меры

Силы гражданской обороны, очевидно, получили информацию об аварии в 3 часа 35 минут 26 апреля из Штаба Гражданской обороны СССР [3,8]. Командующий силами Гражданской обороны СССР отдал приказ о выдвижении частей в Чернобыль, а также привел в состояние боевой готовности все силы гражданской обороны Украины, включая военные и гражданские формирования. Все они должны были следовать в Припять в соответствии с официальным планом для обеспечения защиты персонала станции и населения в прилегающих к станции населенных пунктах. Этот план был разработан за несколько лет до аварии.

Заместитель начальника Гражданской обороны СССР вылетел из Москвы на самолете с первыми специалистами и находился в Чернобыле до 7 мая. Он не входил в состав Правительственной комиссии, однако был уполномочен передавать информацию, результаты измерений и проводить подготовку эвакуации жителей Припяти [3,4]. После получения данных о радиационной обстановке на площадке не было предпри-

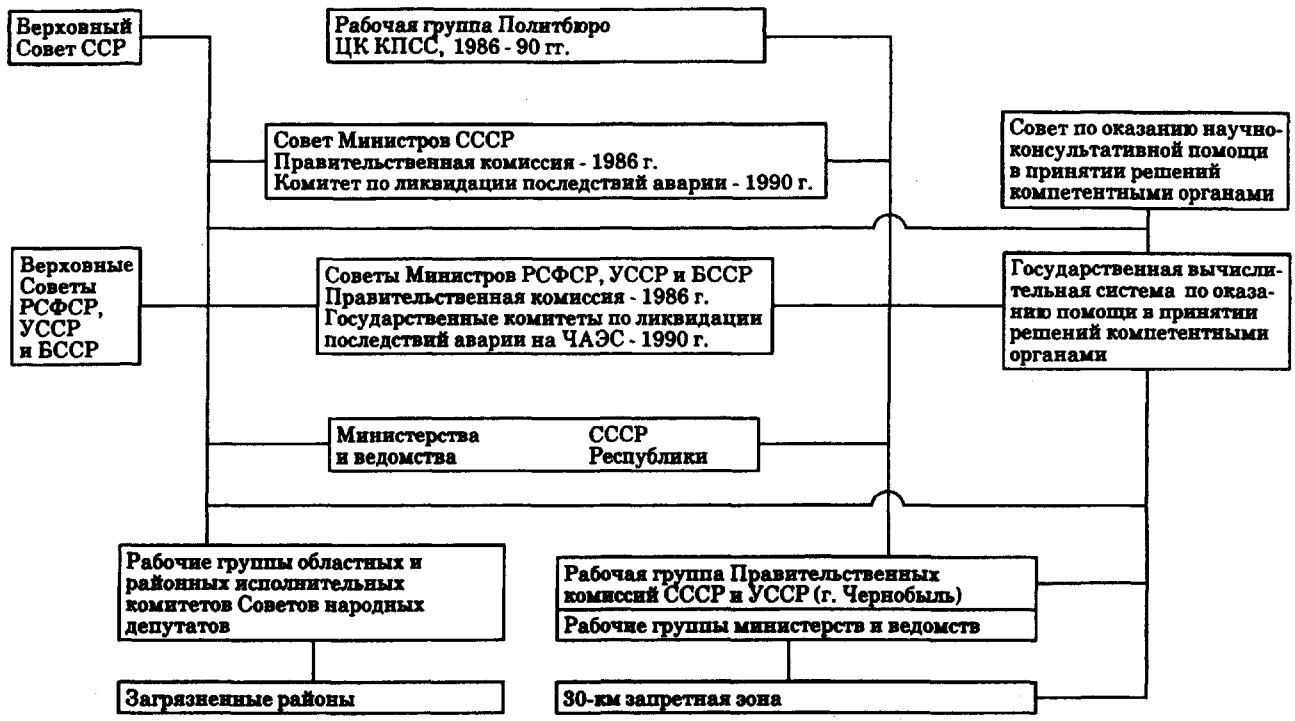


Рис. 2. Структура управления мероприятиями в СССР по ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС

нято немедленных мер по защите работников станции и площадки.

Примыкающий к четвертому блоку третий блок был остановлен в 5 часов 00 минут 26 апреля [2], однако, в связи с тем, что системы охлаждения были взаимосвязаны, а 4-ый блок был разрушен, у операторов 3-го блока возникли трудности с охлаждением активной зоны. Блоки 1 и 2 были остановлены в 1 час 13 минут и 2 часа 13 минут, соответственно, в воскресенье 27 апреля — через сутки после взрыва. Однако, по указанию директора станции персонал 1 и 2 блоков продолжал находиться на площадке после аварии [8]. Указание покинуть площадку им было дано на следующий день. Радиоактивное загрязнение внутри этих блоков поступило через систему вентиляции, что, вместе с трудностями подачи воды и затоплением, создало трудности при их остановке [2,3,7,11].

Одной из первых мер Правительственной комиссии было обращение к войскам химической защиты с целью проведения оценки радиационной обстановки и к военным вертолетчикам для оказания помощи в тушении пожара активной зоны [3,8]. Первые измерения показали наличие нейтронного излучения, что указывало на продолжающуюся ядерную реакцию. Валерию Легасову, заместителю директора Иститута атомной энергии им. И.В. Курчатова в Москве, было поручено выявление источников, интенсивности излучения и решение вопросов предотвращения дальнейшего резкого роста критичности [7]. Правительственная комиссия также рассмотрела меры по тушению горящего графита и представила свои соображения в Институт атомной энергии им. И.В. Курчатова и специалистам Министерства атомной энергетики и промышленности СССР в Москве [7].

Последние члены Правительственной комиссии прибыли в Припять около 20 часов 00 минут в субботу вечером. Технические специалисты определили основные требования по локализации аварии и предотвращению дальнейшего выброса радиоактивности. В эти требования вошли [5,7,8]:

(1) тушение горящего графита для уменьшения выброса радиоактивных нуклидов, которые поднимались с облаком дыма и вели к широкомасштабному радиоактивному загрязнению;
(2) обеспечение и дальнейшее поддержание подкритичности активной зоны реактора, что в противном случае могло бы привести к интенсивному разогреву и (или) плавлению активной зоны и возможным дальнейшим выбросам радиоактивных веществ;

(3) расхолаживание и укрытие активной зоны для предотвращения дальнейших выбросов;
(4) обеспечение безопасности других блоков станции.

Правительственная комиссия определила приоритеты и назначила специалистов для оценки проблем и подготовки своих предложений и рекомендаций.

Блоки 1, 2 и 3 были остановлены и переведены в стабильное подкритическое состояние путем ввода в активную зону всех стержней управления и защиты и установкой 20 дополнительных поглотителей для блоков 1 и 2. Было введено 200 дополнительных стержней-поглотителей и установлен постоянный контроль нейтронного потока. Для отвода остаточного тепла все технические каналы и множество контуров принудительной циркуляции были оставлены заполненными водой. Остаточное тепло отводилось естественной циркуляцией. Температура воды в активной зоне поддерживалась на уровне 20–80°С, а температура графита на уровне 30–90°С [1].

В. Легасов отмечает, что он прибыл в Припять около 14 часов 00 минут 26 апреля [7,8]. Руководители гражданской обороны указали возможные убежища для населения, организовали раздачу ему таблеток йодистого калия и предложили руководству горисполкома сообщить по радио о радиационной опасности. Этого, однако, в тот момент не было сделано [7,8]. Решение по защитным мерам должна была принимать администрация станции, которая в действительности не представляла масштаба аварии и ее радиологических последствий [3,4,7].

Дирекция станции не обладала полномочиями и не имела ресурсов для принятия аварийных мер при аварии такого масштаба, поэтому Правительственная комиссия была сама вынуждена оценить ситуацию и предпринять действия. Часть проблемы состояла в том, что не было заранее подготовленного плана на случай аварии с таким большим и продолжительным выбросом радиоактивных веществ. Например, в течение первых нескольких дней, когда Правительственная комиссия находилась в Припяти, у членов комиссии не было ни респираторов, ни индивидуальных дозиметров [7,8].

На самой станции отсутствовали автоматические средства внешнего дозиметрического контроля, которые могли бы указать на присутствие радиоактивности в радиусе нескольких километров от площадки. Для проведения таких измерений понадобилось использовать большое количество людей и оборудования, включая вертолеты. Многие из первых членов данной Правительственной комиссии были позднее госпитализированы для медицинского обследования [3,8]. Высокие уровни загрязнения вынудили комиссию перенести 4 мая свою штаб-квартиру из сильно загрязненной Припяти в менее загрязненный населенный пункт Чернобыль, 17 км к юго-востоку от АЭС и 20 км к юго-востоку от Припяти.

К этому времени на площадке работало несколько тысяч человек; всех их было необходимо обеспечить оборудованием, машинным топливом и продовольствием — все это было необходимо организовать. Для координации всей этой работы заместитель Председателя Совета Министров СССР И.С. Силаев заменил Н.Е. Щербину в качестве председателя Правительственной комиссии и организовал центр по руководству работами. Директором этого центра стал начальник штаба Гражданской обороны. В состав центра вошли специалист по военной связи, группы дозиметристов химической службы, командующий подразделениями химических войск и новая дирекция Чернобыльской АЭС [7,8].

2.6. Ограничение дальнейшего повреждения активной зоны

После того, как стало очевидно, что активная зона разрушена и открыта атмосферному воздействию, Правительственная комиссия приняла решение о прекращении использования воды для тушения пожара в активной зоне. Вместо этого было решено укрыть кратер реактора теплопоглощающими и фильтрующими материалами [2–4,7,8]. Зависавшие над реактором вертолеты с 27 апреля по 10 мая сбросили на активную зону 5000 тонн бора, доломита, песка, глины и свинца. Подбор материалов производился с учетом конкретных целей: бор для поглощения нейтронов и предотвращения возможной повторной критичности реактора; свинец для поглощения тепла и после плавления для заполнения пустот, тем самым выполняя роль экрана; песок для фильтрации радиоактивных частиц, а доломит для выделения углекислого газа, чтобы ограничить поступление кислорода к горящему графиту. Летчики Военно-Воздушных Сил произвели тысячи опасных полетов над активной зоной, чтобы выполнить эту задачу.

К 1 мая температура активной зоны начала повышаться, что, возможно, явилось результатом распада продуктов деления внутри закрытого реактора, и это вызвало опасения дальнейшего проплавления активной зоны. Поэтому члены Правительственной комиссии решили начать закачку жидкого азота в полость под

реактором [2,4,5,7]. Были присланы горные рабочие, чтобы пробурить в нескольких местах скважины, позволяющие закачать большое количество азота для охлаждения активной зоны. К 6 мая температура свода начала снижаться, причины этого до сих пор остаются неясными. Возможно, это произошло благодаря действия бора и песка, а, может быть, это было случайным следствием выгорания графита или дальнейшего расплавления топлива, которое приняло более безопасную конфигурацию.

В это время основная опасность состояла в том, что, несмотря на усилия по ограничению пожара, существовала возможность проплавления активной зоны сквозь днище реактора и взаимодействия ее с водой, сопровождаемое еще одним взрывом и дополнительными выбросами радиоактивности. Поэтому добровольцы спустились под воду бассейнов компенсации давления для того, чтобы открыть клапаны сброса аварийного охлаждения с первых уровней под активной зоной в бассейн-охладитель. В трудных условиях работы и при наличии радиоактивного загрязнения отделению добровольцев из числа военных пожарных удалось установить временные трубопроводы для откачки воды, которая заполнила обычно сухой второй уровень [2–5].

В последовавшие за аварией дни рабочие вырыли бункер под зданием на площадке, чтобы обеспечить более безопасные условия управления работами. Бункер находился на расстоянии 600 метров от 4-го блока и использовался как контрольный пост для координации работ на площадке. Эта работа была выполнена военными и шахтерами из тульского и донецкого бассейнов, которые работали круглые сутки сменами по три часа, чтобы избежать серьезного индивидуального облучения. После сооружения бункера группа руководства решила установить бетонную плиту под поврежденным реактором, чтобы предотвратить дальнейшее взаимодействие между активной зоной и отсеками под активной зоной, в которых все еще могла находиться вода. Шахтеры и метростроители проложили тоннель от 3-го блока, чтобы можно было при необходимости установить массивную плиту охлаждения под основанием 4-го блока. Длина тоннеля составила 168 метров, диаметр 1,8 метра. Работы велись непрерывно силами 400 человек, которые завершили его строительство за 15 дней к 24 июня. Это позволило установить под 4-ым блоком монолитную железобетонную плиту [2,11].

Взрыв разрушил все штатные средства контроля за критическими параметрами реактора: нейтронным потоком и температурой активной зоны, уровнем радиации и радиоактивным излучением. Для обеспечения последующих работ необходимо было найти альтернативные пути измерения этих параметров [2,4,12]. Войска, обученные ведению военных действий в условиях радиации, установили радиометры в нескольких местах на площадке, данные с которых поступали по телеметрии на центральный пункт. Кроме того, приборы контроля излучения активной зоны подвешивались на вертолетах, которые зависали над активной зоной. Позже датчики были установлены стационарно в определенных местах вокруг разрушенного блока. Все эти работы привели к радиационному облучению аварийных бригад, состоявших из гражданских и военных лиц [3,7,13,14].

Внешне не удавалось выявить наличие ядерной реакции с выделением нейтронов, что указывало на отсутствие критичности реактора (т.е. реакция деления прекратилась); однако, необходимы были и другие подтверждения этого факта. К середине мая одна из групп рабочих смогла найти проход в самый нижний уровень под развалинами 4-го блока. К тому времени этот уровень был вновь сухим, поэтому им удалось установить в нем приборы для измерения температуры и теплового потока. Через несколько дней вторая группа пробила проход в стене и подвесила на потолок помещения непосредственно под активной зоной приборы для измерения радиоактивного и нейтронного излучений. Проведенные с их помощью измерения позволили предположить, что активная зона не находится в критичном состоянии и в будущем критичность маловероятна [2,4,5,12].

На 4-ом блоке были установлены различные датчики; была также построена картограмма загрязнения зоны вокруг реактора с целью определения участков, где все еще находилось значительное количество топлива. Был также проведен анализ сохранившихся элементов конструкций здания. К началу мая начали проводиться измерения сверху с помощью вертолетов. К августу специальные датчики (диагностические буи) можно было поместить в разлом активной зоны в районе верхней реакторной плиты, а также по переферии разлома. Эти датчики измеряли гамма-излучение, теплопроводность и конвекцию тепла, температуру воздуха и скорость перемещения воздуха в вертикальном и горизонтальном направлениях [2,12].

С помощью вертолетов было установлено девять диагностических буев. В трубах вокруг активной зоны были установлены термопары и гамма-датчики. По показаниям приборов радиационное поле составляло от 10 до 10^3 Гр/ч, что подтверждало наличие топлива. С помощью строительных кранов в конце сентября в разломе было установлено еще четыре буя, а после того,

как был облегчен доступ к различным частям разрушенного реактора, количество точек, с которых производились замеры, увеличилось. Эти измерения позволили оценить количество ядерного топлива, оставшегося в здании реактора, а позднее дополнить эти сведения данными, полученными по результатам отбора проб поврежденного топлива из остатков активной зоны. Специалисты считали, что у них имеется достаточно данных о распределении топлива в активной зоне и исключили вероятность какого-либо возобновления критичности [12].

Проведенные в здании измерения совпадали с данными, полученными при анализе радиоактивных выбросов и скопления материалов на площадке и вокруг нее. А эти данные указывали на то, что приблизительно 96% общего инвентарного количества топлива осталось в реакторе и (или) в помещениях 4-го блока. Результаты проведенных исследований и полученные на их основе данные одинаково указывали на эффективность системы естественной воздушной вентиляции под реактором (в области бассейна компенсации давления) и системы принудительной вытяжной вентиляции с выбросом в атмосферу через специальную систему фильтров и вытяжную трубу на крыше реакторного здания. Чтобы такая система вентиляции работала, необходимо было обеспечить свободное поступление воздуха к массе топлива, а также отвод подогретого воздуха через свод реактора [2,12].

2.7. Выбросы и перенос радиоактивных веществ

Радиоактивные вещества выделялись из реактора в атмосферу в течение первых десяти дней с момента аварии, прежде чем удалось остановить выбросы. Тепло от пожара повысило уровни выброса радиоактивного йода (йода-131 и йода-133), значительной части летучих элементов из группы металлов, включая радиоактивный цезий (цезий-134 и цезий-137), а также несколько меньшее количество других радионуклидов, которые обычно содержатся в топливе реактора, проработавшего несколько лет [2].

По сегодняшней самой совершенной оценке характеристик источника, которая основывается на советских исследованиях и на исследованиях, проведенных в сотрудничестве с другими странами, источник был равен $1{,}9 \times 10^{18}$ Бк (50×10^6 Ки) без учета благородных газов. По сегодняшним оценкам выброс цезия в виде газа и аэрозолей составил 74×10^{15} Бк (2×10^6 Ки). Выброс йода сегодня предположительно оценивается в 370×10^{15} Бк (10×10^6 Ки), хотя некоторые эксперты считают, что он был в два раза большим.

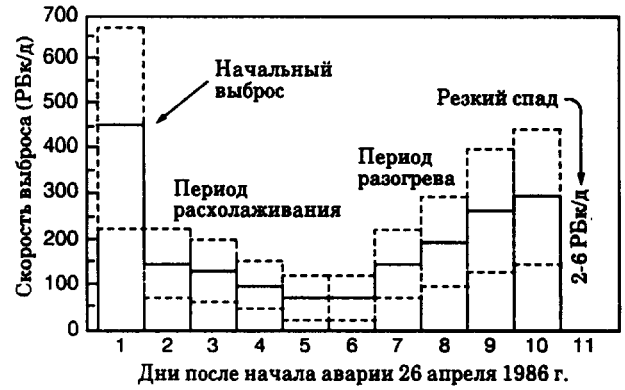


Рис. 3. Скорость выброса радиоактивных материалов из активной зоны после аварии. [Источник: [2]]

Эти выбросы не явились разовым событием. Напротив, только 25% материала было выброшено в первый день аварии, остальное же количество было выброшено в последующие девять дней (рис. 3). Процентное содержание различных радионуклидов в выбросе представлено в табл. 3 [2,10]. Кривая мощности выброса по времени может быть разбита на четыре области:

(1) Первый выброс произошел в первый день аварии. В этот период физический выброс радиоактивных материалов явился результатом взрыва в реакторе и последующего разогрева в результате пожара и воздействия активной зоны.

(2) В последующие пять дней мощность выброса снизилась до минимума, приблизительно в шесть раз по сравнению с первоначальным уровнем. На этом этапе снижение мощности выброса было достигнуто за счет мер по борьбе с горением графита и за счет охлаждения реактора. Эти меры, включавшие сброс 5000 тонн карбида бора, доломита, глины и свинца с вертолетов в активную зону, привели к фильтрации радиоактивных веществ, выбрасываемых из активной зоны. В этот момент произошел выброс тонкодисперсного топлива непосредственно вместе с потоком горячего воздуха и дыма от горящего графита.

(3) Затем последовал период в четыре дня, в течение которого мощность выброса вновь возросла до 70% от первоначального уровня. Сначала наблюдался выход летучих компонентов, особенно йода; последующий состав радионуклидов напоминал состав, характерный для отработавшего топлива. Это явление было приписано разогреву топлива в

активной зоне до температуры более 2000°С, что было вызвано остаточным тепловыделением и изоляцией с помощью материалов, сброшенных в активную зону.

(4) Через десять дней после аварии произошло резкое снижение мощности выброса до менее 1% от первоначального. В последующем мощность выброса постоянно снижалась. Последний этап, начиная с 6 мая, характеризовался резким снижением выхода продуктов деления и постепенным прекращением выбросов. Эти явления были следствием специально принятых мер, которые привели к связыванию продуктов деления в более стабильные химические соединения [2,10].

Радиационные измерения и анализ образцов, взятых в радиусе 30 км от станции и по всей территории СССР, позволили сделать вывод, что при аварии из топлива были выброшены материалы с активностью порядка $1\text{–}2 \times 10^{18}$ Бк ($25\text{–}50 \times 10^{6}$ Ки). Эти цифры не учитывают выброс благородных газов ксенона и криптона, которые, по некоторым предположениям, полностью вышли из топлива. По оценкам было выброшено около 20 % летучих радионуклидов йода, цезия и теллура и 2–6% других, более стабильных радионуклидов, таких, как барий, стронций, плутоний и церий, которые находились в активной зоне [1,2,15]. Оценки выброса цезия-137 хорошо согласуются с количеством, рассчитанным по оценочному выпадению в северном полушарии, если при этом учесть большое количество неопределенностей, связанных с обеими оценками [16,17].

К 7 мая 1986 года на основании собранных аэрофотосъемкой данных было закончено составление карты уровней радиации Европейской части территории СССР. Были определены основные границы районов загрязнения, помимо основных загрязненных районов вокруг станции и в Могилевской и Гомельской областях БССР и в Брянской области РСФСР. Измерения проб воздуха и почвы показали, что в течение первых четырех–пяти дней после аварии радиоактивные вещества распространились далеко на различные расстояния в зависимости от метереологической обстановки. Кратковременное увеличение уровней излучения (в 10–100 раз по сравнению с естественным фоном) в результате выброса короткоживущих радионуклидов было зарегистрировано сетью радиологических служб Государственного Комитета СССР по гидрометеорологии на значительной площади Европейской части территории СССР (Молдавской ССР, Сумской, Полтавской, Ровенской, Ворошиловградской, Крымской, Донецкой, Винницкой, Черкасской, Кировоградской, Одесской, Брестской, Гродненской, Минской, Тульской, Калужской, Орловской, Липецкой, Курской, Ленинградской, Воронежской, Смоленской, Горьковской, Ростовской, Тамбовской и Пензенской областях, на Черноморском побережье Кавказа, на Кольском полуострове и в районах Балтийского моря) и даже в Алма-Ате, Уральске, Хабаровске, Владивостоке и в центральных районах Атлантики. Первые карты с данными о загрязнении цезием-137, стронцием-90 и плутонием на территории БССР, РСФСР и УССР были составлены Государственным Комитетом СССР по гидрометеорологии в июне 1986, а более подробные карты появились в июле 1986 года. Согласно расчетам процентный состав продуктов деления активной зоны, осевших на различных расстояниях от станции, составил:

на площадке:	0,3–0,5%;
в радиусе 20 км:	1,5–2,0%;
за пределами 20 км:	1,0–1,5%.

В первый день, 26 апреля 1986 года, распределение радионуклидов по высоте в атмосфере непосредственно над станцией было следующим: 20% выше 1800 м; 60% от 1800 до 1200 м и 20% от 1200 до 600 м. На следующий день максимальная высота, которую достигали радионуклиды, равнялась 1200 м, хотя большая часть материала не поднялась выше 600 м. После первых двух дней высота облака не превышала 600 м, что подтверждалось отбором проб воздуха. С 27 апреля 1986 года до окончания выбросов из поврежденного реактора Институт гидрометеорологии готовил фактические и прогнозируемые данные относительно направлений переноса воздушных масс из района аварии на различных высотах. Специалисты Института экспериментальной метеорологии использовали компьютерные коды и метеорологические данные для подготовки экспедиций, направлявшихся в районы наибольшей вероятности радиоактивного загрязнения. Это помогло оптимизировать последовательность проведения детальных исследований на загрязненных территориях. Вся информация передавалась местным компетентным органам и в Министерство здравоохранения СССР и Министерство сельского хозяйства СССР. Институт гидрометеорологии использовал также последующие измерения выпадений для восстановления данных о ежедневных радиоактивных выбросах и его оценки до настоящего времени пользуются доверием у международного сообщества [18].

В момент аварии поверхностные ветры были слабыми и не имели определенного направления, но на высоте 1500 м дул юго-восточный ветер,

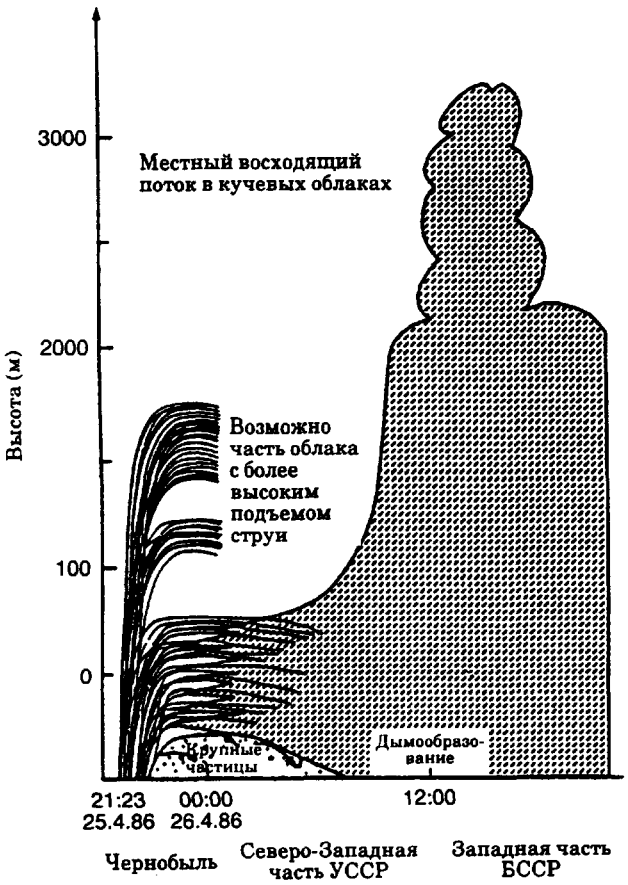


Рис. 4. Перемещение радиоактивного шлейфа

сила которого составляла 8–10 м/с (рис. 4). Первые взрывы и тепло от пожара подняли некоторые радиоактивные материалы на эту высоту, и они были отнесены струйным течением вдоль западных районов СССР в сторону Финляндии и Швеции. Первые радиоактивные выбросы за пределами СССР были обнаружены 27 апреля в Швеции. Потребовалось 36 часов для того, чтобы облако преодолело расстояние в 1200 км при средней скорости ветра около 10 м/с [19].

Летучие элементы йод и цезий были обнаружены на больших высотах (6–9 км), а следы этих элементов и в нижней стратосфере. Тугоплавкие элементы, такие, как церий, цирконий, нептуний и стронций, в основном имели значение для выпадений в пределах территории СССР.

Изменяющиеся метеорологические условия и смена направлений ветра на различных высотах, а также продолжение выбросов в течение десяти дней привели к очень сложной картине распределения радионуклидов. Шлейфы загрязненного воздуха распространились над Европой (рис. 5). В СССР об аварии было объявлено по московскому телевидению вечером в понедельник 28 апреля. Часть шлейфа пошла на низкой высоте в южном направлении в сторону Польши и Германской Демократической Республики. Другие страны Восточной и Центральной Европы оказались под воздействием облака 29 и 30 апреля. Содержащиеся в воздушном потоке радиоактивные вещества достигли северо-востока Италии 30 апреля. На следующий день прохождение шлейфа было отмечено над центральными и южными районами Италии. В Швейцарии прохождение шлейфа было отмечено 30 апреля. Воздушный поток, двигавшийся в основном на север, пересек Западную Европу и принес регистрируемое радиоактивное загрязнение на восток Франции, Бельгии и Нидерландов 1 мая, а в Великобританию 2 мая. Загрязненный воздух достиг северной части Греции 2 мая и южной части 3 мая. В начале мая было отмечено загрязнение воздуха в Израиле, Кувейте и Турции [17,19].

Радиоактивное загрязнение распространилось по северному полушарию путем воздушного переноса на большие расстояния. Первые сообщения о нем были: в Японии — 2 мая, в Китае — 4 мая, в Индии — 5 мая и в Канаде и США — 5–6

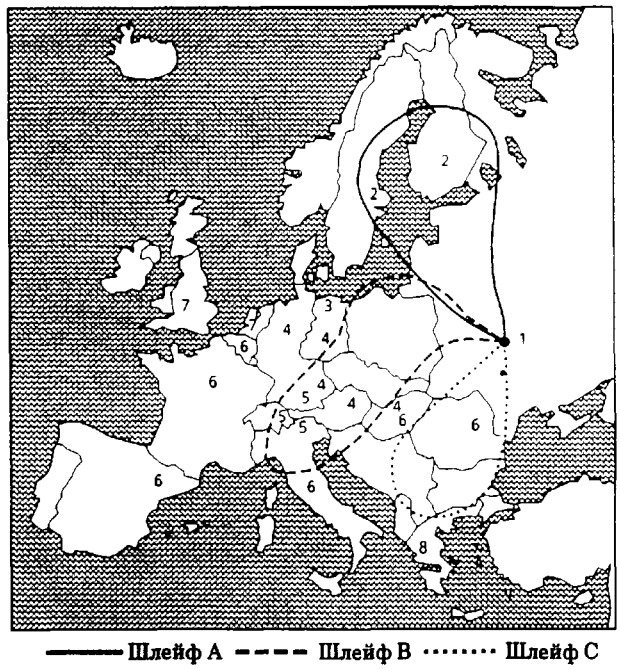


Рис. 5. Характер распространения шлейфа и зарегистрированные сроки налача его поступления, основанные на замерах радиоактивности в воздухе. Части шлейфа А, В и С соответствуют перемещениям воздушной массы из зоны Чернобыля 26 апреля, 27–28 апреля и 29–30 апреля, соответственно. Цифры с 1 по 8 обозначают начальные сроки прихода: 1 (26 апреля); 2 (27 апреля); 3 (28 апреля); 4 (29 апреля); 5 (30 апреля); 6 (1 мая); 7 (2 мая); 8 (3 мая). [Источник: [10]]

мая. Одновременное появление загрязнения как в западной, так и восточной частях Канады и США говорит о том, что на больших территориях происходит значительное перемешивание в горизонтальном и вертикальном направлениях. В южном полушарии о воздушном загрязнении от Чернобыля не сообщалось.

2.8. Защита рек и Киевского водохранилища

Сразу после аварии одним из наиболее важных вопросов стал вопрос о потенциальной опасности загрязнения водной системы. С первых дней после аварии были начаты исследования загрязнения воды, которые проводил Государственный Комитет СССР по гидрометеорологии. Контроль концентрации радионуклидов в реке Припять и в реке Днепр показали, что их загрязнение явилось результатом выпадения радионуклидов во время переноса загрязненных воздушных масс. После распада находящихся в воздухе загрязняющих веществ было отмечено резкое понижение их концентрации.

В самые первые дни после аварии были сделаны расчеты общего количества радиоактивных продуктов в воде и прогнозы о возможных концентрациях, если дождевые осадки вынесут радиоактивные продукты из загрязненной почвы в водную систему. Расчеты, сделанные 5–7 мая, показали, что в случае интенсивных дождевых осадков в районе реки Припять наиболее опасный радиоактивный изотоп стронций-90, представляющий наибольшее значение, не превысит пределов, установленных нормами для питьевой воды, при условии что в дальнейшем не будет выбросов со станции. Последующие измерения подтвердили этот прогноз.

В связи с массовым радиоактивным выпадением непосредственно вблизи реактора, а также учитывая специфику почв в данном районе и непосредственную связь через соседний бассейн-охладитель с основным водохранилищем, расположенным на Днепре к северу от Киева, на реке Днепр были проведены большие работы по замедлению переноса долгоживущих радионуклидов (таких, как цезий-137 и стронций-90) поверхностными и грунтовыми водами. В этой связи рассматривались три основных момента. Во-первых, для ограничения стоков с площадки в бассейн-охладитель и соседнюю реку Припять, приток Днепра, было построено 140 плотин и водозащитных сооружений. Во-вторых, на дне рек, бассейна и водохранилища были установлены ловушки для шлама. В-третьих, вокруг станции была выкопана защитная траншея длиной 8 км и глубиной 30–35 м до уровня непроницаемых глин, чтобы ограничить сток радиоактивной воды в направлении Днепра. При этом была предусмотрена широкая система мер по контролю за состоянием сооружений и их влиянием на радиационную обстановку на станции и за ее пределами. Создание этой защиты было завершено до весеннего паводка 1987 года. Необходимые меры были предприняты в отношении облакообразования с целью не допустить выпадения атмосферных осадков над загрязненным районом Чернобыльской АЭС и ограничения переноса радионуклидов дождевой водой в водные пути (река Припять и Киевское водохранилище). Метеорологическими лабораториями Государственного Комитета СССР по гидрометеорологии, после того как они провели обследования основных загрязненных районов, были предприняты соответствующие меры с помощью авиации. Меры осуществлялись в течение двух периодов времени — с 10 мая по 15 июня и с 15 сентября по 20 октября 1986 года. Работа включала искусственное рассеивание чистых облаков на расстоянии от 100 до 30 км от станции по тем направлениям, откуда дул ветер.

Зашитные дамбы и водозащитные сооружения успешно предотвращали попадание потоков воды в реки и водохранилище, однако неожиданно произошел подъем водного горизонта в районе площадки до 2 м. При сооружении барьера специалисты считали, что необходимо защитить от загрязнения водную систему, которая обслуживала 40 млн. человек. Даже низкие уровни загрязнения, по их мнению, могли вызвать панику среди населения [9].

2.9. Сооружение "саркофага"

После аварии специалисты начали рассматривать вопрос возможного изолирования самого здания реактора, в котором продолжал сохраняться высокий уровень радиации. Был рассмотрен ряд подходов, по некоторым из них даже были начаты работы, чтобы укрыть разрушенный блок и предотвратить дальнейшее излучение. Один из рассмотренных подходов предполагал строительство цельного "шалаша", который можно было бы поднять с помощью вертолета и опустить на реактор. Отдельные его части были доставлены в Чернобыль на монтажную площадку, однако пробные испытания с использованием вертолетов показали, что эта концепция не может быть осуществлена, после чего от нее отказались.

В конце концов, исходя из радиационных измерений и после определения состояния топлива в

активной зоне, а также проанализировав состояние оставшихся конструкций здания реактора, инженеры разработали конструкцию перекрытия с пролетом в 55 м, используя в качестве опоры оставшиеся стены и верхнюю часть здания. По всему периметру здания снаружи были возведены защитные стены; в турбинном зале между 3-м и 4-м блоками была установлена внутренняя бетонная перегородка; металлическая стена-перегородка была сооружена в турбинном зале между 2-м и 3-м блоками; всю эту конструкцию дополняла защитная металлическая крыша над турбинным залом. Таким образом, внешняя конструкция саркофага зависела от набора опорных конструкций, поднимавшихся рядами, размеры и формы которых частично определялись самой конструкцией, которую необходимо было закрыть, а также наличием загрязненных обломков здания и конструкций, которые невозможно было убрать. Поверхностный слой почвы в районе 4-го блока был снят и отправлен на местные площадки захоронения. После этого территория была покрыта бетоном и асфальтом и выравнена, чтобы можно было использовать самоходные краны и другое оборудование [2,12].

Проектные и строительные работы по укрытию 4-го блока двигались очень быстро, что позволило к середине ноября 1986 года заключить 4-ый блок в оболочку из бетона и стали. Для проверки и диагностики состояния конструкций проводились измерения температуры внутри укрытия над центральным залом и на внешней поверхности крышки, расположенной над сводом реактора, а также в элементах нижней плиты основания и поверхности укрытия над бассейном компенсации давления. Для уточнения данных о расположении и интенсивности источников тепловыделения производились непрерывные измерения теплового потока в доступных местах под реактором и на поверхности разрушенной активной зоны. Гамма-излучение контролировалось во всех служебных зонах станции и в большинстве других доступных мест здания 4-го блока, а также в пространстве под укрытием и на поверхности разрушенной активной зоны. Концентрация водорода, окиси углерода и воды в воздухе также непрерывно контролировалась.

Для обнаружения возможной цепной реакции в поврежденном топливе были установлены нейтронные датчики, а также производился контроль за присутствием короткоживущих изотопов йода на выходе из вентиляционной трубы. Для исключения возможной реакции деления нейтронов в пространство под свод реактора был введен жидкий поглотитель нейтронов. Для контроля за механической стабильностью топливной массы и конструкционных элементов саркофага были установлены виброакустические датчики, которые записывали все изменения состояния основных узлов. Работа этих датчиков контролировалась компьютерами.

Проведенный через год после аварии анализ экспериментальных данных, относящихся к мощности дозы гамма-излучения, показал, что топливо находится в стабильном состоянии. Как сообщили советские компетентные органы, мощность дозы гамма-излучения снижается по мере распада топлива. В 1987 году советские власти заявили о том, что после завершения работ на саркофаге разрушенный блок перестал быть источником большого выброса радиоактивных аэрозолей как через вентиляционную систему, так и в результате ветровой эрозии.

2.10. Повторный пуск блоков 1, 2 и 3

Одним из самых важных решений, принятых Правительственной комиссией, было выделить в качестве первоочередной задачи повторный пуск остальных трех реакторов Чернобыльской АЭС (блоков 1, 2 и 3), не дожидаясь дальнейшего радиоактивного распада загрязняющих веществ. В качестве основания для такого решения выдвигались две причины. Во-первых, остановка этих блоков создала существенную нехватку электроэнергии, которая усугублялась потерей мощностей в результате модернизации других реакторов РБМК, проводившейся с целью устранения тех дефектов, которые стали очевидны в результате аварии. Во-вторых, официальные органы хотели показать населению, что возможно одновременное проведение необходимой работы по ликвидации последствий аварии и восстановление нормальных условий эксплуатации станции [1,12].

Это потребовало значительных усилий по дезактивации площадки станции и окружающей территории, а также проектирования, изготовления и монтажа дополнительных защитных устройств. Дезактивация проводилась с помощью специальных растворов. По мере возможности использовались жидкие аэрозоли и паровая очистка. При сухой дезактивации использовались полимерные покрытия. Большое количество оборудования дезактивировалось вручную с использованием ветоши, смоченной в дезактивирующем растворе. В тех случаях, когда это было возможно, использовали привезенное оборудование с дистанционным управлением, но в основном работы было необходимо проводить вручную.

Люди, одетые в защитную одежду, должны были собирать радиоактивные осколки, иногда это делалось непосредственно руками; во избе-

жание переоблучения время, отводимое на выполнение задания каждым рабочим, было ограничено, окончательная очистка всей территории представляла собой утомительную и трудоемкую работу. Собранные отходы помещались во временные хранилища в пределах 30-километровой зоны. Эффективность работ по дезактивации проверялась непосредственным измерением мощности дозы гамма-излучения. Жесткие меры на площадке привели к тому, что уровень радиации снизился до регламентных пределов, хотя на отдельных участках работы по дезактивации продолжались [12]. Дезактивация блоков 1 и 2 была завершена к октябрю 1986 года, а третьего блока — в 1987 году.

Повторный пуск блоков 1 и 2 был выполнен в соответствии с правилами, определяющими пуск новых станций. Было проведено испытание всех компонентов систем, проверена работоспособность оборудования, контрольно-измерительных приборов, биологической защиты, дисплеев, а также проведены другие стандартные проверки, т. е. все было сделано так, как будто блоки никогда не работали. Особое внимание уделялось подготовке операторов, а также эффективности реагирования систем и механизмов на сигналы аварийной защиты. Была подготовлена вся документация по каждой системе, а также общая документация о готовности оборудования, систем, технических инструкций и персонала перед повторным пуском блоков [12].

Ввиду радиоактивного загрязнения территории было необходимо решить вопросы, связанные с размещением персонала. Были организованы вахтенные смены. Во время вахты эксплуатационный и обслуживающий персонал жил в поселке за пределами 30-километровой запретной зоны. В первый год эксплуатации обслуживающий персонал проводил свободные дни в Киеве и Чернигове, где им было обеспечено размещение. Длительность рабочего дня для эксплуатационного персонала составляла 12 часов (с 8 часов 00 минут до 20 часов 00 минут и с 20 часов 00 минут до 8 часов 00 минут); для обслуживающего персонала и других рабочих станции, а также для тех, кто продолжал жить в 30-километровой запретной зоне, рабочая смена составляла 10 часов (с 9 часов 00 минут до 19 часов 00 минут). Вахта для эксплуатационного персонала длилась пять дней с последующим семидневным отдыхом. Для других служб продолжительность вахты и периода отдыха составляла 15 дней.

Интенсивные и дорогостоящие усилия по запуску блоков 1 и 2 до конца 1986 года и блока 3 в 1987 году увенчались успехом. Вместе с тем, интенсивное использование людских ресурсов для скорейшего завершения работ, возможно, увеличило коллективную дозу [14].

2.11. Аварийные рабочие и "ликвидаторы" аварии

В июне 1986 года предел дозы, установленной для аварийных рабочих, равнялся 0,25 Зв (25 бэр). В начальный период работ на площадке большинство мобилизованных людей не имели индивидуальных дозиметров, особенно большинство военных "ликвидаторов" и "ликвидаторов" из сил гражданской обороны. Дозиметрический контроль за ними осуществлялся по группам или территориям, что и определяло длительность пребывания человека на данном участке или при выполнении им конкретного задания. Всего (до конца 1989 года) нужно было привлечь к работам несколько сот тысяч человек, чтобы не допустить существенного превышения предела дозы, полученной каждым из них. Официальные лица признают, что хотя величина в 0,25 Зв (25 бэр) и была установлена в качестве предела, многие в первые дни получили более высокие дозы [14].

Специальные меры сократили распространение активности из сильно загрязненной внутренней зоны. Переезд между пунктами полного переодевания внутри и за пределами этой зоны осуществлялся на автобусах, которые были отнесены к категории слишком загрязненных для использования за пределами зоны. Транспортные средства проверялись и, при необходимости, их мыли на пунктах пересечения. Временное жилье было предоставлено в Иванкове и его окрестностях, находящихся в 60 км к югу.

Практически одна треть "ликвидаторов" получила дозу внешнего облучения в диапазоне от 0,1 до 0,25 Гр; более 10% "ликвидаторов" получили дозу больше 0,25 Гр [13] (см. рис.6).

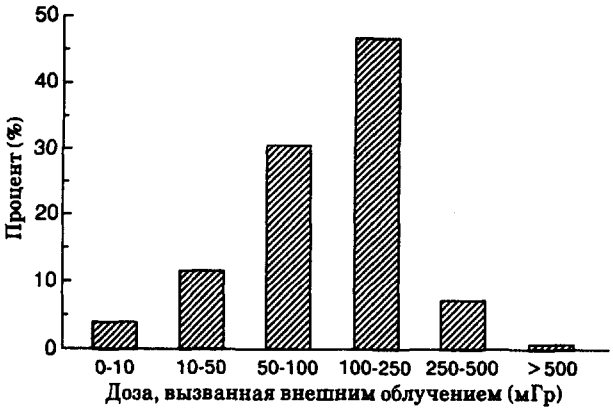


Рис. 6. Распределение доз внешнего облучения у аварийных рабочих

2.12. Текущее состояние Чернобыльской АЭС

Чернобыльская АЭС снова работает, но только с тремя реакторами. В эти реакторы был внесен ряд изменений, как и во все реакторы РБМК в СССР [2,12]:

— Положительный пустотный коэффициент реактивности был снижен в шесть раз, частично в результате повышения обогащения топлива с 2,0 до 2,4%. Поскольку реактор перегружается на мощности, то выполнена только приблизительно половина задачи, ее полное завершение предполагается в 1992 году. В целом, 81 топливный канал был заменен на каналы с поглотителем.
— Наполовину сокращено время срабатывания защитных систем.
— Были установлены автономные защитные системы, которые срабатывают в 12 раз быстрее.
— Время, требуемое для ввода аварийных стержней управления, сокращено и сейчас составляет менее двух секунд.
— На блоке 1 установлены системы постоянного контроля за состоянием оборудования и трубопроводов (старение, коррозия и т. п.) первого контура.

Внесенные в реактор изменения, в том числе и повышение процента обогащения топлива и введение дополнительных стержней управления, снизили экономическую эффективность эксплуатации реактора на 8%. Помимо шести вышеупомянутых модификаций аппаратного обеспечения была пересмотрена вся документация, включая аварийный регламент; была проведена повторная аттестация персонала и внесены усовершенствования в программу обучения в учебно-тренировочном центре в Смоленске, где находится полномасштабный тренажер РБМК.

Кроме этого, в СССР разработана программа второй стадии повышения безопасности всех реакторов. Эта программа предусматривает:

— повышение контроля за качеством металлических узлов;
— повышение надежности оборудования, особенно связанного с аварийным энергоснабжением;
— разработку оборудования для локализации утечек;
— установку вспомогательных систем подачи дополнительного количества охлаждающей воды при повреждении станции.

Осуществление этих работ, однако, еще не закончено.

В настоящее время на 4-ом блоке осуществляются два проекта. Один проект предусматривает подтверждение безопасности блока путем бурения внутри корпуса реактора 40 отверстий под буи; второй проект предусматривает исследование стабильности некоторых основных элементов конструкции внутри саркофага. Специалисты уверены, что в оставшемся радиоактивном материале цепная реакция начаться не может [14].

После аварии большая часть облученного топлива (96,5%) осталась в разрушенной части 4-го блока. Это топливо содержит 398 кг плутония-239, 167 кг плутония-240 и большое количество трансурановых элементов. Внутри блока осталось также 70% изотопов цезия. Проводимые с 1987 года исследования показали, что в нижних частях здания (в отсеках бассейна компенсации давления, проходах для паропроводов и помещении под залом реактора) скопилось около 105–165 т ядерных материалов. Очень большое количество этого материала состоит из вещества, которое напоминает по своему виду лаву и содержит в основном SiO_2, при этом весовое содержание топлива составляет от 2 до 18%. Выгорание топлива — 9–13,5 МВт·д/кг урана. Расчеты, в которых учтены масса, геометрия и физико-химические характеристики лавы, а также проведенные измерения подтверждают подкритичное состояние. Все это приводит к выводу о том, что самоподдерживающая реакция деления невозможна.

Сложные условия, в которых возводился саркофаг, не позволили сделать его герметичным относительно окружающей среды. Поэтому в верхней части его конструкции и на крыше имеются отверстия. Отверстия контролируются на выход радиоактивности и при сегодняшних условиях саркофаг может быть оставлен в настоящем состоянии в течении 10 лет без какого-либо риска выброса радиоактивных веществ. Это, однако, не исключает возможности появления пыли и радиоактивных веществ в том случае, если внутри саркофага произойдет значительная подвижка материала в результате коррозии или разрушения основных конструкционных элементов. В этом случае опасность может возникнуть только для тех, кто находится на площадке, а загрязнение территории за пределами запретной зоны не произойдет. Для предотвращения выхода радиоактивной пыли через отверстия буев, просверленных в стенах, были использованы материалы из пластика. Годовой выброс радиоактивных продуктов деления не превышает 11 ГБк/г (0,3 Ки/г). На асфальтированном дворе рядом с саркофагом (в 20 м от наружной

Славутич — Новый город

В настоящее время персонал станции живет в новом городе по имени Славутич, который располагается в 60 км к востоку от Чернобыльской АЭС. Между городом и станцией проложена железнодорожная линия.

Строительство города Славутич началось в начале 1987 года как места проживания персонала ЧАЭС. Большие усилия были вложены в проектирование и строительство города, который смог бы привлечь сюда квалифицированных рабочих. Проект города был разработан за три месяца Киевским институтом экспериментального проектирования. Подход к проектированию состоял в том, чтобы разделить город на восемь микрорайонов, каждый из которых представлял бы одну из основных республик СССР. Каждый микрорайон был назван именем столицы конкретной республики, а его проектирование и строительство осуществлялось с помощью проектантов из той же республики и силами ее строителей. Предполагалось создать всесоюзный город, чтобы увековечить участие всех республик в ликвидации последствий чернобыльской аварии.

По состоянию на 1 сентября 1990 года в городе проживало 23 000 человек, включая 8000 детей. В нем представлено 26 национальностей. Город быстро растет и возникает необходимость создания дополнительных инфраструктур, чтобы обеспечить строительство новых крупных жилых домов на окраинах города. Эти дома строятся для молодоженов, пенсионеров и семей с детьми. Проектировщики города начинают понимать то, что они не предусмотрели в первоначальном проекте. Например, они не предвидели проживание в городе большого количества детей и поэтому не запланировали строительство достаточного количества детских садов и школ. В настоящее время в городе испытывается недостаток жилья, несмотря на то, что не решен вопрос о будущем ЧАЭС. Если станцию закроют, то многие жители города могут остаться для выполнения работ по снятию ее с эксплуатации. Городские власти активно занимаются вопросами привлечения в город предприятий легкой промышленности.

Первоначально в Славутиче разрешалось проживать только персоналу АЭС и их семьям. Позже оказалось, что необходимо привлекать специалистов из других районов СССР для работы в сфере обслуживания, транспорта, на малых предприятиях, а также учителей, врачей и т. д. Сделать это оказалось сложно в виду того, что город несколько изолирован от других городов и, в частности, находится в 175 км от Киева. Многие семьи проживают в многоквартирных жилых домах, которые были построены в стиле той республики, которые их строили, и лишь 20% семей проживают в небольших домах.

При выборе места под строительство города для персонала Чернобыльской АЭС были рассмотрены многие площадки с точки зрения их удобства для жизни города, наличия железной дороги или возможности строительства качественных дорог. Были проведены исследования на прилегающих территориях тех мест, которые рассматривались с точки зрения получения населением эффективной эквивалентной дозы. Было необходимо выполнить требования радиационной защиты (0,5 бэр (5 мЗв) в год для местного населения, включая детей). Однако, Славутич не был в списке рассматривавшихся площадок. Проектировщики перенесли площадку на 10–12 км к востоку в сторону железнодорожной станции; эта площадка не обследовалась на радиоактивное загрязнение, хотя проведенные между 1987 и 1989 годами подробные измерения показали, что она удовлетворяла требованиям обеспечения радиационной защиты 0,5 бэр (5 мЗв) в год. Строительные работы начались в 1987 году. Первая полная карта радиоактивного загрязнения была опубликована в 1989 году, и из нее было видно, что некоторые места в городе, а также в окружающих ее лесах были частично радиоактивно загрязнены.

Установлен контроль за местными пищевыми продуктами. Жители и особенно дети проходят регулярные медицинские обследования. В город поставляются чистые пищевые продукты из других районов. Официальные власти города пытаются добиться особых прав для жителей, каждый их которых имеет право самому решать вопрос своего дальнейшего проживания в городе.

стены) можно получить дозу около 50 мР/ч (12,9 μКл·кг$^{-1}$·ч$^{-1}$) [14].

Компетентные органы СССР планируют строительство второго саркофага, который герметично закроет первый. Эта конструкция позволит обеспечить полную защиту окружающей среды от излучения. Она также позволит иметь доступ к оставшейся массе топлива с целью отбора проб и проведения анализов и, возможно, для демонтажа внутренних элементов поврежденного реактора.

Продолжаются работы по дезактивации блоков 1, 2 и 3. Работы по дезактивации — это постоянный процесс познания. Хотя уровни излучения и были снижены до нормального предела, все же имеются трудности, связанные с радиационным фоном на одном из уровней в этих зданиях. Трудность проведения дальнейшей дезактивации состоит в том, что радиоактивный материал и пыль проникли в трещины, имеющиеся в бетоне. Полы в зданиях Чернобыльской АЭС покрыты толстым пластиком. Помещение щита управления 4-го блока не освещается, приборные панели покрыты полиэтиленовой пленкой, однако в самом помещении незаметно каких-либо следов повреждений в результате аварии.

2.13. Захоронение отходов

Работы по очистке станции, прилегающей к ней территории и районов внутри 30-километровой запретной зоны, из которых было эвакуировано население, привели к образованию большого количества твердых отходов. Все площадки, используемые в настоящее время под чернобыльские отходы, классифицируются как "временные хранилища". Это, очевидно, наиболее важный и наименее освещенный аспект последствий аварии. Руководителям работ по дезактивации было необходимо избавиться от тяжелого оборудования, вертолетов, зданий, почвы, грузовиков, мебели и других предметов повседневной жизни города и большого промышленного комплекса. Кроме того, было необходимо захоронить после частичной дезактивации оборудование, которое использовалось для самого захоронения. В настоящее время все эти отходы захоронены или хранятся на двух площадках в пределах 30-километровой запретной зоны. Конечное их хранение или захоронение под кодовым названием "Проект Вектор" предполагает полностью решить вопросы, связанные с отходами; высказываются надежды, что эта программа может быть осуществлена в 1992 году. В настоящее время изучается вопрос о сокращении объема отходов [14].

Самая крупная площадка для отходов низкой активности, называемая Буряковка, расположена на относительно высоком месте в 5 км от станции. Ширина этой площадки около 1 км, длина около 1,5 км. До этого года она использовалась для хранения отходов с активностью до 5 Р/ч (1290 μКл·кг$^{-1}$·ч$^{-1}$). Активность хранящихся в настоящее время отходов не выше 1 Р/ч (258 μКл·кг$^{-1}$·ч$^{-1}$). Тяжелое оборудование, такое, как грузовики, легковые автомобили, легковые вездеходы и танки, сейчас хранятся на открытом воздухе. Захоронение мелкого оборудования, снесенных зданий, мебели, предметов домашнего обихода и почвы производится в 30 больших, неглубоких траншеях, каждая из которых по площади приблизительно равна футбольному полю с глубиной около 10 м. Эти траншеи выложены слоем глины и песка. Некоторые траншеи уже заполнены отходами и закрыты сверху слоем глины и почвы, которая в последующем была засеена травой для предотвращения эрозии. Площадка имеет достаточно средств для контроля за утечками радиоактивности.

Вторая площадка, расположенная рядом с рекой Припять недалеко от станции в северном направлении, предназначена для высокоактивных отходов (до 90 Р/ч (23,22 мКл·кг$^{-1}$·ч$^{-1}$)), которые помещены в большие бетонные контейнеры с толщиной стенки в 1 м. В основном это отходы с 4-го блока станции и продукты очистки площадки. На площадке нет большого металлического пресса для уменьшения объема отходов, однако ведется проектирование одного из них для использования в рамках "Проекта Вектор". Согласно полученным сообщениям, ожидается, что на "окончательном" этапе захоронение высокоактивных отходов будет производиться в глубокие геологические формации.

Работы по очистке проводились в три этапа. Задача первого этапа состояла в том, чтобы не допустить дальнейшее загрязнение от разрушенного реактора, и этот этап закончился сооружением саркофага. Задача второго этапа состояла в дезактивации территории вокруг станции и захоронении отходов из 30-километровой зоны; этот этап почти закончен, однако продолжаются работы по захоронению радиоактивных отходов. Третий этап, который только что был начат, рассматривается как долгосрочный. В начале 1990 года были возобновлены научные исследования, поддержку которым оказало подписание в Вене соглашения с МАГАТЭ об организации Международного научно-исследовательского центра в Чернобыле (на сессии Генеральной конференции МАГАТЭ в сентябре 1990 года).

3. Влияние аварии на население и окружающую среду

3.1. Эвакуация Припяти

Нет никаких указаний на то, что проживавшее рядом со станцией население заранее знало об опасности радиации или имело представление о том, какие следует принимать меры в случае аварийной ситуации [7,9]. Население не было широко оповещено о специальных мерах радиационной защиты. То же можно сказать и об аварийно-спасательных службах (врачах, пожарных и милиции), которые не имели специальных знаний и навыков, а также оборудования, которые необходимо использовать в условиях радиационной обстановки. 26 апреля 1986 года жители Припяти не были официально оповещены или проинструктированы. Отсутствовали какие-либо печатные материалы для населения, излагающие последствия радиационного облучения или поведения населения в условиях повышенных уровней радиации [7]. Многие люди говорили, что они знали о существовании плана эвакуации, однако никто из них не был ознакомлен с его содержанием. То обстоятельство, что люди проживали и работали в так называемом "ядерном поселке", не имело особого значения, поскольку у них преобладало мнение, что аварии "здесь быть не может".

Рано утром в субботу 26 апреля 1986 года информация о взрыве и пожаре на станции поступила в Штабы гражданской обороны УССР и БССР, а также в Киевскую область (УССР), на территории которой расположена станция, в Гомельскую область (БССР), расположенную в нескольких десятках километров к северу от станции. За несколько часов в Припяти (ближайшая граница которой находится в трех километрах в северо-западном направлении от станции) был организован Украинский Штаб гражданской обороны. Милиция установила посты на дорогах, чтобы перекрыть въезд в город и выезд из него всех транспортных средств, кроме аварийных и пассажирских [3,8].

К полудню силами гражданской обороны в определенных точках вокруг Припяти были проведены замеры уровней радиации [3,8]. Самые большие показания были к западу от станции, однако при слабом ветре в приземном слое атмосферы перенос выброшенного материала был медленным. Поднятый пожаром материал относило на запад и на север. Хотя самые высокие зарегистрированные уровни радиации и не достигли Припяти, рабочие начали мыть улицы. Первые измерения уровней радиации вынудили руководителей Штаба гражданской обороны начать, в соответствии с аварийными планами, подготовку Припяти к эвакуации, хотя в то время только руководство СССР имело право дать такое распоряжение.

Вечером 26 апреля Правительственная комиссия рассматривала обстановку в Припяти как не вызывающую особой тревоги. В отдельных местах приборы показывали от 1 мР/ч (258 μКл·кг$^{-1}$·ч$^{-1}$) до примерно 10 мР/ч (2,58 мКл·кг$^{-1}$·ч$^{-1}$). Тем не менее, физики из состава Правительственной комиссии рекомендовали начать эвакуацию. Наконец, примерно в 22 часа 00 минут председатель Правительственной комиссии принял решение начать эвакуацию на следующий день [7,8]. В. Легасов отмечает в своих мемуарах с сожалением, что информация об эвакуации была лишь устно передана на улицах между 10 и 12-ю часами 27 апреля, в то время как все утро этого дня дети играли на улице.

Правительственная комиссия связалась с руководителями транспортных организаций Киева и других районов, организовавших подачу более тысячи автобусов, которые прибывали в течение всей ночи. Было послано два специальных поезда, но они не были использованы. Чтобы ограничить дозы облучения, автобусы останавливались в городе Чернобыль, хотя некоторые автобусы могли стоять в ожидании какое-то время рядом со станцией в местах с повышенным уровнем радиации, прежде чем их отправили назад.

Руководителям Полесского и Иваньковского районов Киевской области УССР были даны указания подготовить население этих районов к приему эвакуированных. В Штабе гражданской обороны руководители пересматривали маршруты эвакуации, разработанные заранее в планах эвакуации, в соответствии с полученными ими данными об уровнях радиоактивного загрязнения окружающей среды и давали четкие указания руководителям групп, водителям, милиции, дозиметристам и эвакуируемым.

В 2 часа 00 минут 27 апреля, через 24 часа после первого взрыва, Правительственная комиссия начала окончательную подготовку к эвакуации. В 7 часов 00 минут председатель Правительственной комиссии подтвердил решение об эвакуации. В 10 часов 00 минут он встретился с руководителями Припяти и дал указание начать эвакуацию в 14 часов 00 минут. Организаторы эвакуации в Припяти должны были рассчитать необходимое количество автобусов для перевозки людей и транспортных средств для перевозки скота, а также решить вопросы питания и медицинского обслуживания эвакуируемых.

Эвакуированные из Припяти

Трудности, с которыми столкнулись эвакуированные жители Припяти, характерны для всех эвакуированных. В воскресенье утром 27 апреля 1986 года было сообщено по местному радио, чтобы жители Припяти приготовились к эвакуации, которая будет проходить в течение трех дней, и чтобы они следили по радио за дальнейшей информацией. Во время второго объявления в 12 часов 00 минут было сказано, что эвакуация начнется в 14 часов 00 минут. Эвакуируемых повезли в Полесское, куда они прибыли в 20 часов 00 минут в воскресенье вечером. После прибытия на место медицинское обследование проведено не было, не была также проведена проверка эвакуированных на загрязнение, и прошло несколько дней, прежде чем они смогли сменить загрязненную одежду. Эвакуированные не имели никакого понятия об опасности радиации и об элементарных мерах защиты от нее.

В Полесском эвакуированные находились с семьями. После трех дней их пребывания пришли врачи для взятия анализов крови. По результатам этих анализов некоторые эвакуированные были отправлены в больницы в Полесское, Иваньково и Киев. Жизнь в чужих семьях была нелегкой: в небольших квартирах на небольшой площади проживало слишком много людей. Однако, многие семьи, у которых эвакуированные поселились, оказывали им помощь, даже давали еду и одежду.

Жители Припяти получили денежную помощь в Полесском в первый день пребывания (15 рублей на человека), а в июне 200 рублей на человека. Летом 1986 года каждый глава семьи получил 4000 рублей, жена — 3000 рублей и каждый из остальных членов семьи — 1500 рублей. Большая часть жителей Припяти оставалась в Полесском до августа 1986 года и затем была переселена в Киев. Каждой семье разрешили вернуться в Припять в конце лета, чтобы они могли взять такие предметы, как хранящаяся в шкафах одежда, книги и посуда. Им не разрешалось брать верхнюю и нижнюю одежду для детей. Каждую семью сопровождал дозиметрист, который проверял все, что они брали с собой. Повторный радиационный контроль проводился после их прибытия в Киев.

В начале 1987 года киевские врачи попросили эвакуированных направить своих детей в специальную больницу для лечения эффектов облучения. Это было их первое медицинское обследование, проводимое с этой целью. Сотрудники больницы установили за этими детьми постоянное медицинское наблюдение. Дети из Припяти учатся в двух специальных школах в Киеве. Они посещают занятия только пять раз в неделю, вместо шести дней по норме, в младших классах им дают молоко. С сентября 1990 года они получают специальные диетические обеды. Каждый месяц в школу приходят педиатры для взятия медицинских анализов, а раз в год родители отводят их в киевскую больницу для обследования. Сейчас дети ведут достаточно нормальную жизнь.

Взрослые чувствуют себя чужими в Киеве, поскольку их родители родились и жили в сельской местности в районе Припяти. Многие из них помогали строить город Припять. Самую большую тревогу у них вызывает состояние здоровья их детей.

Между тем, исходя из очевидных признаков серьезной аварии на станции, как-то: был слышен взрыв и виден пожар, силы гражданской обороны осуществляли контроль в городе, рабочие станции предупредили свои семьи и знакомых, в больницу поступили пострадавшие, отдельные люди стали действовать самостоятельно. Они предупреждали население о необходимости находиться внутри помещений или распределяли имеющиеся таблетки йодистого калия (KI). Некоторые учителя, помня рекомендации, данные им на проходивших незадолго до этого учениях по гражданской обороне, отменили субботние занятия на открытом воздухе и оставили учащихся в помещениях. Они также пытались предотвратить поступление загрязненного воздуха в здания школ. Некоторые люди решили сами защитить себя, уезжая из города на поезде или на речных судах, когда это было еще возможно, а те, кто мог, выехали на машинах до того, как на дорогах были расставлены посты [3].

Официально, однако, ничто не препятствовало более или менее нормальной жизни в Припяти. Были предприняты меры по предотвращению паники [3,4]. Например, лишь после окончания эвакуации руководители гражданской обороны надели защитные маски, поскольку их не хватало для детей Припяти. Парк отдыха в Припяти, который не работал несколько месяцев, был снова открыт за несколько дней до аварии. В субботу, когда произошла авария, там было



Рис. 7. Население, эвакуированное из 30-км запретной зоны

много людей. Они не были предупреждены или проинструктированы о необходимости находиться в помещениях, и парк не был закрыт. Отсутствовало системное распределение таблеток йодистого калия. В результате этого дети и взрослые подверглись ненужному облучению.

Около полудня в воскресенье, 27 апреля, когда приказ об эвакуации был отдан и все приготовления к ней были завершены, поступило краткое объявление по радио жителям города взять с собой провизию на три дня и быть готовыми выехать в 14 часов 00 минут. Наконец, около 1200 автобусов, собранных недалеко от города Чернобыль (20 км на юго-восток от Припяти и 17 км на юго-восток от станции), отправились колонной длиной в несколько километров по дороге, которая проходит над железной дорогой чуть к западу от блока 4 [3,4,8].

Эвакуация Припяти началась в 14 часов 00 минут. Автобусы подавались прямо к подъезду каждого дома. Как только автобус заполнялся у отведенного ему здания (Припять представляет собой город, застроенный блоками многоэтажных домов), он отправлялся в одну из колонн, которые в сопровождении милиции двигались до приемных пунктов, расположенных в 50 км к запад-юго-западу в Полесский или к юго-юго-западу в Иванковский районы Киевской области. Количество перевозимых людей, которое должно было составить около 44 600 человек, фактически оказалось меньше, поскольку некоторые уже уехали на машинах, а многих не было в городе в связи с выходными днями. Руководители Полесского и Иванковского районов организовали встречу эвакуированных по их прибытии на приемные пункты.

Руководитель станции собрал своих сотрудников в 13 часов 00 минут на площадке станции. Никто из них не знал, останутся ли они на месте или будут эвакуированы. Некоторые остались на станции, другие присоединились к своим семьям, чтобы эвакуироваться.

Транспорта хватило для всех, эвакуация прошла без каких-либо трудностей. Менее чем за три часа город был организованно покинут — остались лишь те, кто выполнял свои служебные обязанности. Отдельные семьи в населенных пунктах прилегающих районов приняли более 44 000 эвакуированных [9] (рис. 7).

3.2. Расширение зоны эвакуации

28 апреля начальник штаба Гражданской обороны СССР предложил провести эвакуацию с площадки ЧАЭС и установить вокруг нее 10-километровую зону отчуждения. Разрешение было получено. 1 мая на совещании Правительственной комиссии командующий Гражданской обороной СССР попросил разрешения на эвакуацию людей и скота из 10 деревень в зоне с радиусом 10 км, в которых были зарегистрированы относительно высокие уровни излучения [8].

2 мая, через шесть дней после аварии, из Москвы приехали члены Центрального Комитета Коммунистической партии СССР Н. Рыжков и Е. Лигачев [4,7,8]. Они быстро оценили серьезность аварии, сложность обстановки и необходимость проведения долгосрочных мероприятий. Наконец с их приездом можно было принять принципиальные решения по организации работ, оценке затрат и определению средств и усилий, которые необходимо было ожидать от различных ведомств и организаций СССР. Политбюро Центрального Комитета КПСС образовало оперативную группу для координации всех усилий на государственном уровне. Н. Рыжков был назначен руководителем этой группы, после чего Правительственная комиссия стала частью более мощной административной силы [7,8].

На первом этапе после аварии основным критерием для принятия решений служила поглощенная доза от всех радиационных источников. Принятие решения об эвакуации основывалось на дозе 10 бэр (100 мЗв) в течение первого года после ядерной аварии, установленной Министерством здравоохранения СССР. Для оценки дозы необходимо было учитывать продолжительность выброса из разрушенного реактора, объем радиоактивного источника (атмосферное загрязнение), погодные условия, состав радиоактивных изотопов в воздухе и на земле и процентный состав тех радионуклидов, которые представляют наибольшую опасность для здоровья человека.

Решение об эвакуации населения из "геометрической" 30-километровой зоны (которая не представляла собой правильного круга) было

принято на заседании Правительственной комиссии 2 мая. При обсуждении вопросов, касающихся эвакуации, ведущие специалисты настаивали на ее необходимости, особенно ввиду невозможности предсказать поведение радиоактивного источника при преобладающих погодных условиях. На 10 мая была составлена карта мощности поглощенных доз по изоплетам: 20 мбэр/ч (0,2 мГр/ч) образовали границу запретной зоны (площадью приблизительно 1100 км^2), 5 мбэр/ч (0,05 мГр/ч) — границу эвакуационной зоны (3000 км^2) и 3 мбэр/ч (0,03 мГр/ч) — границу зоны строго контроля (8000 км^2), из которой необходимо было временно отселить детей и беременных женщин. Кроме 30-километровой геометрической зоны, было также необходимо провести эвакуацию с территорий, прилегающих к ней с востока и запада, в которых на 10 мая уровень мощности поглощенной дозы превышал 5 мбэр/ч (0,05 мГр/ч) . Подготовленные в июне и июле 1986 года карты загрязнения долгоживущими изотопами показывали, что потребуется дополнительно переселить жителей из 29 населенных пунктов в БССР и 4-х пунктов РСФСР [3,4,8,9].

Эвакуация из всей 30-километровой зоны завершилась к 6 мая. Это была очень крупная операция, в которой потребовалось перевезти десятки тысяч человек в УССР и тысячи сельскохозяйственных животных. Позже эта зона была огорожена, и с тех пор доступ в нее контролируется. Контроль за переносом радиоактивных веществ из зоны осуществлялся радиационными постами в местах выхода из зоны, где транспортные средства дезактивировались или возвращались для работы внутри зоны. Многие люди отказались покинуть свои дома, другие позже тайно вернулись. Сейчас в целом зона не заселена, однако отдельным бывшим жителям разрешили вернуться в свои дома на тех территориях южной части зоны, где были более низкие уровни загрязнения.

3.3. Оценка путей облучения

Контроль за состоянием радиационной обстановки начал проводиться с 29 мая Государственным Комитетом СССР по гидрометеорологии и контролю за окружающей средой совместно с представителями Министерства здравоохранения СССР, Госагропрома СССР, Академии Наук СССР, Министерства обороны СССР и Государственного Комитета по использованию атомной энергии СССР. Учитывая масштабы аварии, было увеличено количество имевшегося оборудования для контроля радиационной обстановки, а количество персонала в конечном счете составило несколько тысяч человек. Для контроля за уровнем радиации в атмосфере были привлечены авиационные подразделения Министерства обороны СССР. Данные собирали не только стационарные посты, но и посты наблюдения, передвижные группы и группы дозиметристов; работы проводились также с помощью самолетов и вертолетов радиационной разведки. Они включали в себя результаты гамма- и бета-радиометрии и спектрометрии загрязненных территорий, данные анализов воздуха, воды и почвы, результаты анализа образцов растений и радиоактивных выпадений.

После первого аварийного периода, когда краткосрочные проблемы были решены, организованная ранее система радиационного контроля была преобразована в постоянно действующую оперативную систему для пострадавших районов. Различная структура, характер и состав радиоактивных выпадений в течение первых пятнадцати дней после аварии привели к образованию различных уровней загрязнения радионуклидами на территориях вокруг зоны и в трех республиках за ее пределами, что вызывало необходимость проведения постоянного радиационного контроля.

Первая общая карта поверхностного радиоактивного загрязнения долгоживущими радионуклидами была подготовлена по результатам серии измерений, выполненных в населенных пунктах с помощью воздушных гамма-спектрометрических измерений соответствующих районов и позже с использованием поверхностных измерений сельскохозяйственных и лесных территорий и обследований с воздуха. Необходимо отметить, что в этой работе использовались различные методы получения данных (воздушные гамма-спектрометрические обследования, отбор и анализ образцов большого объема и т. д.), что позволяло получать информацию по отдельным домам в населенных пунктах. Работы эти проводились в первую очередь и особенно тщательно для наиболее загрязненных районов и прилегающих к ним областей.

Большой объем работы по детальному изучению радиоактивного загрязнения (поверхностное загрязнение цезием-137) с составлением карт масштаба 1:10 000 был проделан отделениями Министерства геологии СССР с помощью устройства "Макфар". При проведении таких измерений "выбор" способа измерений для района и использование соответствующих поправок на проникновение радионуклидов играет очень важную роль для объективной интерпретации данных.

Первые подробные и откорректированные карты готовились поэтапно с учетом того факта, что большинство населения было охвачено защитными мерами. С 1986 по 1989 годы, дважды в год, готовились специальные карты. В 1986–87 годах все работы были сосредоточены на районах с высокой плотностью загрязнения и имели целью определить изоплеты с плотностью загрязнения цезием-137 15–40 Ки/км^2 (555–1480 кБк/м^2); стронцием-90 3 Ки/км^2 (111 кБк/м^2) и плутонием-239 0,1 Ки/км^2 (3,7 кБк/м^2). Позже были выполнены конкретные и детальные обследования загрязнения на территориях с меньшим уровнем загрязнения, особенно в районах с плотностью концентрации менее 15 Ки/км^2 (555 кБк/м^2). В 1988 году были определены рай-

Таблица 4

Меры вмешательства [9]

3 мая 1986 г.	Установлены временно допустимые нормы содержания радиоактивного йода для питьевой воды и ряда продуктов питания.
6 мая 1986 г.	Дополнительные стандарты, установленные для основных продуктов питания.
7 мая 1986 г.	В целях предотвращения избыточного внешнего и внутреннего облучения населения Министерство здравоохранения утвердило временно допустимые уровни радиоактивного загрязнения для различных поверхностей (жилых и служебных помещений, транспортных средств и оборудования), предметов одежды и обуви, кожного покрова и средств индивидуальной защиты.
30 мая 1986 г.	Министерство здравоохранения утвердило "временно допустимые уровни по содержанию радионуклидов в продуктах питания, питьевой воде и лечебных травах".
2 июня 1986 г.	Пересмотрены допустимые уровни загрязнения на основе последних дозиметрических данных, установленных после дезактивации для поверхности земли, дорожного покрытия и поверхностей внутри и снаружи зданий.
22 июля 1986 г.	Утверждены "временно допустимые уровни по содержанию радионуклидов в медицинских препаратах".
19 сентября 1986 г.	Утверждены "временно допустимые уровни по содержанию радионуклидов в консервированных фруктах и овощах".
19 сентября 1986 г.	Министерство здравоохранения и Государственный агропромышленный комитет утвердили "временно допустимые уровни содержания радионуклидов в эндокринных и ферментных сырьевых материалах".
	В целях улучшения контроля по производству продукции для различных видов скота, птицы, кормов и изделий из меха Министерство здравоохранения и Государственный агропромышленный комитет приняли 28 документов по стандартизации такой продукции.
14 октября 1986 г.	Утверждены новые "временно допустимые уровни загрязнения для кожи, нижней и верхней одежды, транспорта, машин и оборудования и средств индивидуальной защиты" из-за изменений в составе радионуклидов и крупных масштабов работ по дезактивации.
26 октября 1986 г.	Утверждены "временно допустимые уровни загрязнения для дорог, населенных пунктов, внешних и внутренних поверхностей зданий после проведения дезактивации" (с более низкими допустимыми темпами облучения).
Конец 1986 г.	Министерство здравоохранения установило пределы дозы в 3 бэр/г (30 мЗв/г) для суммарного (внешнего и внутреннего) облучения в течение 1987 года.
Декабрь 1987 г.	НКРЗ пересмотрела временно допустимый уровень, установленный 30 мая 1986 г., и предложила новый временно допустимый уровень, подсчитанный для суммарной радиоактивности цезия с поправкой на регулярное ежедневное потребление основных продуктов питания (соответствующих внутренней дозе не более 0,8 бэр/г)).

оны с плотностью загрязнения менее 5 Ки/км^2 (185 кБк/м^2), а во многих других местах были получены данные по районам с еще более низкими уровнями загрязнения. В 1989 году были обследованы районы с еще меньшими плотностями загрязнения и построены изоплеты для районов с загрязнением цезием-137 1 Ки/км^2 (37 кБк/м^2).

Результаты были скомпилированы и нанесены на карту, но, хотя диаграммы стали более точными, общая картина по сравнению с июнем 1986 года существенно не изменилась. (Официальные карты не были опубликованы до марта 1989 года.)

Распределение загрязнения цезием на местности имело пятнистую форму и было непредсказуемым, что объяснялось как динамикой выброса, так и неодинаковым выпадением дождей на территориях, над которыми проходило радиоактивное облако. Кроме того, анализ метеорологических данных по направлению ветра показывает, что направление движения взвешенных частиц, поднимавшихся ветром с земли до высоты 1 км, менялось на противоположное. После того как выбросы прекратились, картина загрязнения менялась уже в результате распада радионуклидов (в первую очередь йода, который практически полностью распадается за несколько недель), ветровой эрозии, смыва дождевыми осадками, дисперсии в потоках талых вод, а также диффузии в почву и пищевые цепочки [15,16].

После первых эвакуаций Национальная комиссия СССР по радиационной защите (НКРЗ СССР) разработала ряд дополнительных критериев вмешательства с целью снижения доз облучения при употреблении загрязненных пищевых продуктов и воды. Эти критерии приводятся в табл. 4 [9]. Со временем основные источники облучения менялись, а с ними менялись и меры их контроля. В первые несколько месяцев это касалось присутствия: радиоактивного йода в молоке коров, которые выгонялись на загрязненные пастбища (меры вмешательства: прием таблеток KI, замена загрязненного молока на чистое); радиоактивного йода и других радионуклидов в свежих овощах (меры вмешательства: прием таблеток KI, мытье овощей и их замена на чистые). В долгосрочном плане основными источниками облучения являлись гамма-излучение от осевших радиоактивных веществ и материалов, особенно цезия-134 и цезия-137 (меры вмешательства: переселение, сокращение времени пребывания на открытом воздухе, избежание зон повышенного уровня загрязнения, дезактивация); внутреннее облучение от радионуклидов, особенно цезия-134 и цезия-137 (меры вмешательства: ограничение производства и потребления пищевых продуктов и внесение изменений в методы ведения сельскохозяйственных работ).

Другими, потенциально важными источниками облучения являлись: радиоактивный стронций (стронций-90) в молоке, частицы плутония в воздухе и различные радионуклиды в питьевой воде. В тех случаях, когда в воде открытых колодцев некоторых населенных пунктов обнаруживался уровень радиоактивности, превышающий допустимые уровни, их накрывали и строили защиту, чтобы исключить стекание в них загрязненных поверхностных потоков.

3.4. Меры вмешательства

После радиоактивного выброса в окружающую среду уровни активности и мощности доз, как правило, снижаются, сначала быстро, затем медленнее. Эти уровни могут повышаться в результате сезонных или других причин (напр., уровень радиоактивного цезия в молоке и мясе обычно падает зимой, когда коровы находятся на стойловом содержании и получают заготовленные корма, и повышаются снова весной, когда животные выгоняются на пастбище). Человек получает облучение двумя путями в результате внешнего и внутреннего облучения. Внешнее облучение является результатом облучения от активности радиоактивного облака, когда оно идет в течение нескольких первых дней, и от радиоактивных выпадений на почву и другие поверхности; такое облучение от цезия-137 будет продолжаться несколько десятков лет. Внутреннее облучение происходит при вдыхании загрязненного воздуха либо непосредственно в первые несколько дней после аварии, либо в дальнейшем при повторном пылеобразовании, или при употреблении пищевых продуктов и воды. Как указывалось выше, уровни радиоактивности понижаются со временем, а с ними понижаются и мощности радиационных доз.

Часто можно добиться существенной выгоды с помощью мер вмешательства, направленных на изменение механизма облучения человека, и, таким образом, ограничить общую радиационную дозу. Такое вмешательство может иметь многие формы: укрытие или временная эвакуация населения на время прохождения радиоактивного облака (снижается уровень дозы от прямого облучения и загрязненного вдыхаемого воздуха); раздача препаратов стабильного йода (снижается доза на щитовидную железу, получаемую при вдыхании загрязненного воздуха и употреблении пищевых продуктов, содержащих радиоактивный йод); переселение населения и/или дезактивация их среды обитания (снижается доза

облучения от осажденных загрязняющих веществ) и контрмеры продовольственного и сельскохозяйственного характера (снижается употребление загрязненных пищевых продуктов).

Когда основные выбросы со станции уменьшились, стало ясно, что, хотя мощности доз естественно снизятся в результате радиоактивного распада и природных процессов, можно достичь значительного успеха за счет дальнейшего снижения мощности этих доз путем дезактивации территорий с высоким уровнем радиации, с которых население не было эвакуировано. Это могло бы уменьшить опасность вдыхания радиоактивной пыли, которая поднималась либо ветром с земли или других поверхностей, либо проходящими машинами. Ставилась задача максимально возможно восстановить нормальные условия жизни, для чего были проведены в большом объеме различные методы дезактивации с использованием различных методик в зависимости от степени загрязнения и желательного снижения мощности доз.

Была проведена дезактивация более 600 населенных пунктов, общей площадью около 7000 км^2. Около половины из них дезактивировались более одного раза. Основное внимание уделялось общественным зданиям, таким, как школы, детские сады, больницы и другие общественные и промышленные здания. Строения, не имевшие особого значения, сносились и отправлялись на захоронение, представляющие же определенную ценность — дезактивировались иногда по три раза, чтобы добиться установленных допустимых уровней. Если этого не удавалось добиться, эти здания сносились.

Почва вокруг многих домов снималась на глубину от 10 до 15 см, что снижало дозу в 3–4 раза. Дворы асфальтировались или засыпались гравием, щебнем, песком или глинистой почвой, что сокращало мощность гамма-дозы приблизительно в 10 раз. Всего было дезактивировано около 70 000 домов и снято для захоронения около 200 000 м^3 почвы. Кроме того, было дезактивировано более 25 000 км дорог. Ежедневная поливка дорог помогла наполовину снизить мощность гамма-дозы. Многие дороги были покрыты новым слоем асфальта, бетона или камня, что помогло снизить мощность дозы в 3 раза. Первоначально предполагалось, что большая часть территорий, с которых люди были эвакуированы, может быть вновь заселена после дезактивации [9]. Однако, несмотря на все усилия, удалось убрать только небольшую часть выпавших радионуклидов, большая же их часть только перераспределялась. Во многих случаях происходило быстрое повторное загрязнение поверхностей радиоактивными веществами, которые мигрировали с деревьев тех лесов, где была высокая степень загрязнения. По Белорусской ССР отмечалось, что было разрешено обратное заселение лишь небольшого количества населенных пунктов.

Вода, которая использовалась во время основных работ по дезактивации дорог, свободно стекала в канавы. В 30-километровой запретной зоне и прилегающих к ней с севера и юга районах на дорогах были расставлены дорожные знаки, предупреждающие людей об опасности передвижения по обочинам дорог и в лесах. Сбор загрязненной воды был организован только на постах дозиметрического контроля и дезактивации. В настоящее время вблизи атомной станции строится новая система для сбора сточных вод. Указанные работы по дезактивации в основном были неэффективными, особенно в лесах, и позже были прекращены. Единственными местами, где дезактивация имела некоторые положительные последствия, были атомная станция и некоторые здания в Чернобыле и Припяти. Работы по дезактивации здесь продолжаются.

В некоторых местах для того, чтобы избежать переноса радионуклидов ветром, почва была покрыта слоем пластика. Дерн вокруг станции и на подстанции был снят и захоронен на площадке отходов низкой активности. Специалисты пришли к выводу, что биологическая дезактивация является наилучшим способом ограничения распределения радионуклидов. Поэтому основная часть территории вокруг станции и в 30-километровой зоне не обустраивалась и заросла растительностью. Это дало положительные результаты, практически устранив песчаные бури, которые были характерны для этих мест. Однако, при этом возросла опасность возникновения пожаров, поэтому ряд домов в 30-километровой зоне был снесен. Это привело к образованию дополнительных объемов отходов.

Выпадения радионуклидов были неоднородными. В основном это было связано с неоднородным характером первых выпадений и частично с принимавшимися после аварии мерами, направленными на снижение уровней загрязнения. Улицы, тротуары, парки и школьные дворы были покрыты асфальтом или новым слоем земли (например, в Брагине и Полесском), что в результате значительно снизило мощности внешних доз в общественных местах по сравнению с соседними территориями, на которых не была проведена специальная обработка. Мощности доз в Далете, населенном пункте, где первоначальное загрязнение было небольшим, имели более равномерное распределение по всей местности — признак того, что в данном районе никаких специальных мер не проводилось [20].

3.5. Сельское хозяйство и поставка пищевых продуктов

3.5.1. Структура сельского хозяйства в районе

Прежде чем обсуждать последствия Чернобыльской аварии для сельского хозяйства [21], необходимо понять его структуру в данном регионе. По своему климату этот район является умеренно континентальным, с жарким летом и относительно мягкой зимой. Средняя годовая норма осадков составляет 500–650 мм. Местность в основном равнинная, максимальная высота над уровнем моря — 200 м. Почти половину территории занимает природный ландшафт (леса, болота и овраги), но все открытые равнинные участки почти полностью отданы под сельскохозяйственное производство, в основном мясо-молочное животноводство (до 60 коров на 100 гектаров). Оставшаяся часть сельскохозяйственных угодий используется для выращивания картофеля (почти 8% от оставшейся площади), кормовых культур (35–40%), зерновых культур (около 50%) и льна (до 5%). Почва в целом малопродуктивна, в основном она представляет собой песчанистые, песчаные, частично подзолистые и торфяно-болотистые почвы, особенно к западу от Чернобыля. Обычно такие почвы отличаются низким плодородием и малым содержанием минеральных питательных веществ (в особенности калия, фосфора и магния).

Сельским хозяйством занимаются колхозы, каждый колхоз имеет в своем распоряжении несколько тысяч гектаров пахотных земель и часто массив леса. Как правило, колхозники живут в отдельных домах в деревнях и имеют приусадебные участки от трети до половины гектара, на которых выращивают для себя овощи и фрукты. В личном хозяйстве есть свиньи, куры, а раньше, для обеспечения себя молоком, многие держали коров. Личный скот пасется на необрабатываемых землях (естественных пастбищах), которые также используются для заготовки сена на зиму. Колхозы выращивают зерновые (озимые рожь и пшеницу, ячмень, овес), картофель, свеклу (кормовую), бобовые культуры, а также травы и кукурузу на корм скоту. В целом, низкая урожайность культур объясняется плохими почвами, ограниченным использованием удобрений и отсутствием широкого использования пестицидов и гербицидов (судя по засоренности сорняками и большого ущерба урожаю сельскохозяйственными насекомыми). Надой на корову значительно ниже, чем, например, в Западной Европе. На одной из показывавшихся ферм в качестве среднего надоя в год была названа цифра 2000 литров, на ферме в Новозыбкове надаивали по 3000 литров (средние надои в Западной Европе составляют 4600 литров на корову в год). Также мало производится мяса. Низкая продуктивность крупного рогатого скота связана с нехваткой качественных кормов. Это никак не связано с Чернобыльской аварией. В действительности, качество кормов, возможно, улучшилось после аварии, поскольку были предприняты меры защиты, в которых особое внимание уделялось обновлению естественных пастбищ и использованию химических удобрений. Некоторые фермы продают сырое молоко для переработки его и продажи в городах, другие перерабатывают молоко на масло и сыр. В продажу поступает также говядина. Крестьяне обеспечивают себя мясом, молоком и картофелем. По-видимому, зерно не перерабатывается, а продается на рынке. В одном из населенных пунктов мясо представляло настолько важный продукт потребления, что людей пришлось бы отселять в случае невозможности производства незагрязненного мяса.

По сообщениям с мест, колхозники выходили из колхоза. Один из колхозников в Новозыбковском районе сообщил, что за последние годы колхоз покинуло около четверти работников. Объяснялось это страхом перед облучением, однако низкий уровень условий проживания во многих областях позволяет предположить, что не последнюю роль для части жителей играли общие тенденции переселения из села в город.

3.5.2. Контроль и регулирование загрязнения

В течение приблизительно двух месяцев после аварии основными видами радионуклидов, влияющими на величину дозы внутреннего облучения, являлись радиоактивные изотопы йода (в особенности йод-131). Эти радионуклиды, как правило, попадали в организм с молоком коров с загрязненных пастбищ. С целью ограничения поступления йода в организм людей, проживающих на загрязненной территории, были установлены временные контрольные уровни содержания радиоактивного йода в молоке и молочных продуктах. Были предприняты меры строгого радиологического контроля всех молочных продуктов. Подобные же меры принимались для ограничения поступления в организм пищевых продуктов, содержащих цезий-137. Данный изотоп являлся наиболее значимым с точки зрения величины дозы внутреннего облучения после того, как радиоактивные изотопы йода утратили свое действие в результате распада. Уровень

Таблица 5

Сравнение контрольных уровней загрязнения пищи и питьевой воды, находящихся в пользовании после аварии на Чернобыльской АЭС. Максимально допустимые уровни для продуктов питания: общее содержание цезия-134 и цезия-137 (Бк/кг)

Продукты питания	СССР (6.10.1988) Временно приемлемые уровни	БССР (1990)	Гомельская область (1988)
		Контролируемые уровни	
Питьевая вода	19	19	19
Молоко	370	185	185
Сгущенное молоко	1 110	37	37
Сухое молоко	1 850	740	740
Пахта	370	370	185
Сыр	370	370	370
Масло	1 110	370	370
Сливки	370	185	185
Растительное масло	370	185	185
Свинина	1 850	590	370
Говядина	2 960	590	370
Птица	1 850	590	370
Яйца	1 850	590	590
Рыба	1 850	590	590
Овощи	740	185	185
Зелень	740	590	590
Картофель	740	590	590
Фрукты и ягоды	740	185	185
Зерно	370	370	370
Хлеб	370	370	370
Сахар	370	370	370
Свежие грибы	1 850	370	370
Сушеные грибы	11 100	3700	3700

внутреннего облучения удалось снизить путем введения ограничительных мер на потребление загрязненных пищевых продуктов. Так, например, были изысканы способы временного регулирования предельно допустимых концентраций некоторых радионуклидов, которые при поступлении в организм создают опасные дозы. Кроме того, БССР, УССР и РСФСР располагают полномочиями на установление собственных уровней облучения. Примечательно, что в БССР контрольные уровни загрязнения пищевых продуктов были снижены в 1989 и 1990 годах до величин, указанных в табл. 5. На основе данных о радиоактивном загрязнении пищевых продуктов были приняты решения по следующим мероприятиям:

(1) Полное запрещение потребления таких продуктов, использования их в качестве кормов или в пищевой промышленности.
(2) Изменение условий хранения, переработки и потребления пищевых продуктов.
(3) Выдача документов, удостоверяющих допустимость потребления таких продуктов.

Проводились систематические широкомасштабные меры контроля уровней загрязнения пищевых продуктов в районах, расположенных вне 30-километровой зоны. В описываемой системе регулирования используются три уровня контроля: от экспертного контроля специализи-

Таблица 6

Уровни радиологического мониторинга пищевых продуктов [20]

Уровень	Цель	Специалисты и оборудование
1. Экспертный мониторинг специальными организациями, например, научно-исследовательскими институтами, университетами	Для определения присутствия радионуклидов и их биологической доступности; для установления уровней контроля	Бета-радиометрия, гамма-спектрометрия, радиохимические методы анализа
2. Лабораторные проверки, выполняемые лабораториями медицинских или эпидемиологических институтов и основными отраслями пищевой промышленности	Для оказания помощи различным организациям при массовом мониторинге и уточнения результатов в случае необходимости	Бета- и гамма-радиометрия
3. Массовый мониторинг различных предприятий государственной экономики, занимающихся вопросами производства, переработки, транспортировки и распределения продуктов питания (колхозы, фирмы, транспортные предприятия, рынки)	Для усиления эффективности первичного контроля	Гамма-радиометрия

Таблица 7
Удельная активность природного калия-40 в различных видах сельскохозяйственной продукции [22]

Продукт	Удельная активность калия-40 (Бк/кг)
Цельное молоко, кефир	44
Сухое молоко	300
Сыр	59
Говядина, баранина, птица	100
Колбаса, консервированное мясо	130
Яйца	44
Рыба	90
Картофель	170
Помидоры	85
Свежие ягоды	110
Зеленые овощи	150
Пшеничный хлеб	56
Лущеный горох	210
Ржаная мука	30
Овсяные хлопья	130
Соя	440
Чай	740

рованных организаций (относительно малое число мероприятий), до массового контроля в пищевой и сельскохозяйственной промышленности с применением различных приборов. В табл. 6 приводятся характеристики упомянутых трех уровней радиологического контроля. При проведении подобных измерений на уровнях 2 и 3 с использованием лишь только методов бета- и гамма-радиометрии возникает ряд проблем. Одной из таких проблем является естественное присутствие калия-40 во всех сельскохозяйственных продуктах, что может явиться причиной того, что уровень радиоактивности превысит значение этой величины для цезия. В табл. 7 представлены характерные значения активности калия-40 в различных продуктах питания, которые могут изменяться в зависимости от типа воздействия. Таким образом, весьма затруднительно вести точный учет присутствия калия-40 в образцах, измеряя только бета-активность. Порой калий-40 принимается за радиоактивный цезий, что ведет к выбраковыванию продукции, даже если в действительности радиоактивный цезий в ней не содержится. Методы гамма-спектрометрии позволяют осуществлять более точные измерения, однако имеющиеся в настоящее время приборы не дают возможности проводить необходимый объем исследований, хотя наблюдается определенная тенденция к улучшению положения.

3.5.3. Перенос активности в результате осуществления сельскохозяйственных работ

Степень загрязнения зависит от целого ряда факторов: физико-химических свойств радиоактивных веществ, загрязняющих почву; агрохимических и агрофизических свойств почвы; конкретных видов растений, а также метеорологических и климатических условий. Одной из главных задач, стоявших перед радиоэкологами в СССР, была проблема определения общих характеристик загрязнения сельскохозяйственных продуктов и кормов, выражающихся в виде "коэффициента переноса" в данных условиях для данного радионуклида из конкретного типа почвы в растительность.

Коэффициент (фактор) переноса активности "почва–растение" выражается следующей формулой:

$$K_u = \frac{P}{U},$$

где P — удельная активность радионуклидов в сухой растительной среде, Бк/кг, а U — активность почвы на поверхности под воздействием радионуклидов, Бк/м^2.

Данные коэффициенты применяются для выведения значения содержания радионуклидов в сельскохозяйственных продуктах и кормах из значения загрязнения конкретной местности или области при прочих равных условиях. При принятии решений по защитным мерам используется база данных, полученная в результате замеров загрязнения сельскохозяйственных продуктов и почвы различных типов. Значения коэффициентов переноса приводятся в виде таблицы [21]. Подробнее этот вопрос рассматривается в Части Д, однако некоторые общие замечания могут быть полезны. Разброс значений коэффициентов перехода для различных видов зерновых, как правило, невелик, в то время как варианты значений коэффициентов для различных типов почвы разнятся весьма существенно. Песчаные почвы, преобладающие в данной местности, характеризуются относительно высоким значением коэффициента переноса цезия в растения; для торфяников, расположенных к западу от Чернобыля, это значение повышается. Значение коэффициента переноса для глинистых почв, как правило, почти на порядок меньше. Значение коэффициента пере-

Таблица 8

Различные контрмеры в области сельского хозяйства, предпринятые после аварии на Чернобыльской АЭС

Цели	Способы	Обработка	Результаты
1. Дезактивация			
(а) Почва	Удаление поверхностного слоя	Механические средства	Эффективно, но применение органичилось обработкой зон с высоким уровнем загрязнения. Проблемы с безопасным удалением отходов.
(б) Растительность	Вырубка и лесоповал	Механические средства	Применялось к 400 га соснового леса около Чернобыльской АЭС. Захоронение загрязненных обломков может вызвать долгосрочные проблемы.
(в) Скот	За 45–60 дней до убоя выдача "чистых" кормов		Эффективно от радиоактивного цезия, биологический период полураспада которого относительно мал.
(г) Молочные продукты	Производство побочной продукции		Эффективно, хотя использование некоторых побочных продуктов, например, снятого молока, может создать проблемы.
2. Изменения в в производстве с/х культур	Изменения севооборота	Производство растений для промышленного использования (волокно и т. д.) или растений, которые непосредственно не употребляются в пищу людьми (семенной картофель, семена)	Позволяет культивировать загрязненные почвы, но использование побочных продуктов (например, из сахарной свеклы) в качестве корма для животных должно подвергаться постоянному контролю.
	Посадка лесов	Производство древесины, которая будет вырубаться через 30–40 лет (≈40 000 га)	Эта контрмера планируется для районов с высокими уровнями загрязнения.
3. Снижение переноса радионуклидов из почвы в с/х культуры или пастбища	Удаление загрязненного слоя почвы из зоны корневой системы растений (0–25 см)	Глубокая вспашка	Эффективно для постоянных лугов (фактор переноса снижается в 8–10 раз), однако вспашка должна ограничиваться лишь подзолистым горизонтом почвы с тем, чтобы не затронуть ее плодородие. Требует мощной техники для механической обработки почвы.
		Выщелачивание растворами химических веществ (HCl, H_2SO_4, NH_4NO_3 и т. д.	HCl и $FeCl_3$ являются наиболее эффективными, но требуются в больших количествах (37 т/га).
	Снижение биологической доступности радионуклидов	Применение фиксирующих веществ (цеолитов и т. д.) (УССР: 25 000 т)	Эффективность зависит от типа почвы: иногда наблюдается обратный эффект. Может быть удобен для получения некоторых побочных продуктов при добыче руды.
	Изменение физико-химических свойств	(БССР — 214 500 га, (УССР — 51 000 га)	Наиболее эффективно для легких кислых почв.
		Применение больших количеств удобрений (особенно калитных, избегая избыточное содержание азота) (БССР — 256 200 га, УССР — 26 600 т)	Поступление цезия-137 в растения можно снизить примерно в 3,5 раза в зависимости от биологических свойств с/х культуры или пастбищ
	Усиление выщелачивания радионуклидов из корневой зоны почвы	Применение хелатирующих растворов (амино-поликарбоновая кислота и т. д.)	Способствует перемещению радионуклидов в более низкий почвенный горизонт, дренаж которого можно улучшить путем глубокой вспашки (стараясь при этом не загрязнить поверхностные воды).

носа для зерновых обычно выше, чем для овощей. К настоящему времени наибольшая величина переноса с почвы наблюдалась для кормов с естественных пастбищ. В действительности уровень загрязнения кормов на естественных лугах и пастбищах, вызванный поглощением радиоактивного цезия, приблизительно в десять раз превышал тот же показатель для кормов с повторно засеянных травой площадей. В этом заключается основная проблема, связанная с загрязнением молока и мяса пастбищного скота.

Соотношение между уровнем активности цезия-137 на поверхности (Бк/м^2) и связанными с этим концентрациями цезия-137 (Бк/кг) в мясе и молоке в большой степени зависит от величины коэффициента переноса для естественных пастбищ, который имеет самые разные значения в зависимости от типа почвы, как показано выше. Так, например, в колхозах Новозыбковского района, несмотря на относительно высокий уровень выпадения радиоактивных веществ (1,5–3 МБк/м^2), проведение защитных мер благоприятно сказалось на производстве чистых или пригодных к употреблению продуктов (сливочного масла, мяса, кормов, и т. д.). С другой стороны, председатель одного из колхозов, на территории которого уровень выпадения радиоактивных веществ составил лишь около 0,6 МБк/м^2, сообщил о том, что соблюдение принятых норм не представляется возможным.

3.5.4. Защитные меры, влияющие на пищевые и сельскохозяйственные продукты

Был разработан и принят целый ряд мер, имеющих основной целью обеспечить производство пищевых подуктов с концентрациями активности ниже максимально допустимого предела. В результате принятия некоторых из указанных мер наблюдался вторичный эффект снижения дозы внешнего облучения как следствия выпадения радиоактивных веществ на местность и/или дозы облучения, поступающей в организм через дыхательные пути от радиоактивных материалов повторного переноса. В табл. 8 приведены итоги принятия различных защитных мер в области сельского хозяйства после аварии. Ниже некоторые из них рассматриваются более подробно.

Вспашка или снятие слоя почвы

В принципе, возможно удалить верхний слой загрязненной почвы, однако этот процесс вызывает значительные затруднения при работе на больших площадях. Тем не менее, путем глубокой вспашки удается полностью переместить поверхностный загрязненный слой почвы на всю глубину вспашки. Чем ниже помещается указанный слой почвы, тем значительнее снижается процент переноса радионуклидов из почвы в растения. Это объясняется тем, что большая часть корневой системы растений находится в верхних слоях почвы. Так, например, сообщалось, что вспашка и последующий посев травы естественных пастбищ позволяет снизить содержание радиоактивного цезия в продуктах животного происхождения приблизительно в 2–5 раз. Однако, предельная глубина перемещения радиоактивного слоя в торфяных подзолистых почвах ограничивается подзолистым горизонтом. Более глубокая вспашка может привести к попаданию на поверхность неплодородных слоев почвы. Все виды работ по перемещению загрязненных слоев почвы должны выполняться с большой тщательностью, чтобы не допустить возвращения радиоактивных слоев на поверхность. Известно, что перемещение радиоактивных слоев почвы на значительную глубину менее эффективно в легких песчаных почвах. В самом деле, вспашка может дать отрицательный эффект на некоторых типах почвы.

Внесение удобрений и химикатов в загрязненные почвы

Большой опыт исследований показывает, что одним из наиболее эффективных методов снижения уровня миграции цезия-137 из почвы в растительность является применение минеральных удобрений (для легких, относительно неплодородных кислых почв), в частности, калийных удобрений и извести. Кроме того, установлено, что перенос радионуклидов в сельскохозяйственные культуры на легких травянистых подзолистых почвах замедляется при внесении глинистых минералов цеолитного типа. Повышение объема используемых калийных удобрений позволяет снизить уровень переноса в среднем в 3,5 раза как для зерновых, так и для иных культур. Установлено также, что применение азотных удобрений повышает уровень поступления цезия из почвы в сельскохозяйственные культуры. Таким образом, земледельцам настоятельно рекомендуется консультироваться с агрономами по поводу оптимального состава удобрений для данного типа почвы и конкретного вида культуры. С целью улучшения радиационной обстановки были приняты следующие защитные меры. В УССР были проведены: химическая обработка

почвы, известкование на площади 51 000 га, внесение в почву 26 600 т фосфатов и калийных удобрений. Планируется также внести 25 000 т цеолитов. В БССР проведено известкование на площади 214 500 га, увеличено количество вносимых в почву фосфатных и калийных удобрений на площади 256 200 га. В РСФСР было проведено известкование приблизительно 65% кислых почв в загрязненных районах Брянской области. На 90% пахотных земель проводилось внесение органических удобрений. Проведенные в течение первого года мероприятия по известкованию почвы и внесению в нее фосфатных, калийных и органических удобрений привели к снижению уровня загрязнения сельскохозяйственных продуктов в 1,3–3 раза.

Производство незагрязненного молока и мяса

Выше отмечалось, что содержание радиоактивного цезия в кормах, особенно на естественных пастбищах, превышает этот же показатель для зерновых. Для выпаса скота, находящегося в частном владении, отведены естественные пастбища с уровнем загрязнения травы не более 20 нКи/кг (740 Бк/кг). При невозможности предоставления таких пастбищ предполагается, что скот должен выпасаться либо на однолетних травах, либо на озимых и яровых культурах, так как они менее загрязнены. Установлено, что состояние естественных пастбищ нуждается в существенном улучшении. Запрещен выпас скота как в лесу, так и на свежескошенных лугах. Колхозы располагают более широкими возможностями выпаса скота на незагрязненных и обработанных после аварии пастбищах, нежели частные владельцы. Кроме того, в состав кормов колхозного скота входит большее количество комбикорма с низким содержанием радиоактивного цезия, а в зимнее время помимо сена к кормам добавляется большее количество силоса и свеклы. По сообщениям с мест, в ряде случаев чистые корма завозились из других районов. В то же время возможности частных владельцев обеспечить скот сеном с обработанных лугов, комбикормом, свеклой или силосом весьма ограничены. При отсутствии чистых кормов существуют два варианта решения проблемы: так, в ряде случаев скот, находящийся в частном владении, выпасался вместе с колхозным скотом. В других случаях молоко, полученное от коров, находящихся в частном владении, перерабатывалось в безопасное для потребления масло, а владельцам выдавалось чистое молоко.

Для производства говядины используются молочные породы скота, в основном фризские. Мясное животноводство как таковое не практикуется. Скот, получающий в качестве кормов сено с обработанных площадей, силос, свеклу и комбикорм, дает мясо и молоко, отвечающее нормам. Для оценки содержания радиоактивного цезия в организме животных перед выдачей разрешения на забой скота используются обычные гамма-детекторы. В случае, если концентрация радиоактивного цезия превышает допустимые нормы, такие животные переводятся на выпас в незагрязненных районах или снабжаются кормами с низкой активностью в течение определенного периода времени перед забоем. Период биологического полувывода цезия из организма животных составляет около 35 дней; таким образом, два месяца относительно "чистого кормления" существенно снижают величину дозы. (Как отмечалось выше, детекторы не позволяют отличать радиоактивность цезия-134 и цезия-137 от радиоактивности калия-40. Несмотря на использование переводных коэффициентов, реальное содержание цезия в организме животных часто завышается.)

Таким образом, скотоводство на загрязненных территориях может быть либо целиком перепрофилировано на производство мяса, либо молоко следует использовать только для производства масла (см. ниже). В этом случае выращивание и откорм скота, а также свиней и птицы не подвергается никаким ограничениям. Тем не менее, за шесть–восемь недель перед забоем животных следует содержать в отдельных помещениях и снабжать кормами, проверенными в радиологической лаборатории. Поскольку корма, применяемые в свиноводстве и птицеводстве, содержат низкое количество цезия, при производстве этих видов мяса проблем не возникает. После обработки моющими средствами использование пуха и пера птицы также не ограничивается. Яйценосные куры должны содержаться в вольерах.

Методы переработки пищевых продуктов

Переработка значительного числа сельскохозяйственных продуктов позволяет снизить концентрацию радионуклидов в конечном продукте. Основной стратегией в пищевой промышленности является перепрофилирование производства на выпуск пищевых продуктов с низким суммарным содержанием цезия. Этот метод оправдал себя наилучшим образом в отношении производства молока и молочных продуктов, которые, как известно, являются одними из основных продуктов, способствующих проник-

новению радионуклидов в организм. В сливках и масле не наблюдаются высокие концентрации цезия и стронция. В самом деле, присутствие данных нуклидов в сливочном масле не обнаружено. Таким образом, если производство молока с активностью ниже предельно допустимого уровня не представляется возможным, рекомендуется перепрофилирование хозяйства на производство масла. В пищевой промышленности существует множество подобных примеров.

Сообщалось также, что вопрос применения фильтров, пропитанных берлинской лазурью (связующее вещество, поглощающее радиоактивный цезий путем обмена ионов калия) с целью снижения содержания цезия в загрязненном молоке, находится в стадии рассмотрения.

Изменения в сельскохозяйственной практике

Согласно сообщениям с мест, на некоторых площадях пахотных земель внедрялось выращивание промышленных культур, например, льна, картофеля, используемого в производстве спирта, и масличных растений. Оптимальным перспективным решением проблемы, связанной с наиболее загрязненными районами, представляется практика лесонасаждения. Земли, в той или иной степени пригодные для проведения сельскохозяйственных работ, занимают существенную часть площади региона. Значительная часть загрязненных территорий покрыта природными лесами. Так, например, по сообщениям из Гомельской области, после аварии было облесено около 2900 га территории с уровнем активности более чем 80 Ки/км^2 (3 МБк/м^2).

3.5.5. Заключение

Проблема загрязнения пищевых продуктов радиоактивным йодом была весьма острой на протяжении нескольких месяцев после аварии, однако впоследствии она потеряла свою актуальность в ходе процессов радиоактивного распада. К концу 1986 года главную роль стало играть облучение, вызванное выпадением радиоактивного цезия. Радиоактивный цезий не только являлся источником внешнего облучения от поверхностей, на которых он выпадал, но и способствовал поступлению в организм такой же или большей дозы с пищей, в том числе с молоком и мясом. Поскольку основную часть рациона питания в регионе составляют молоко, овощи и мясо местного производства, запрет на потребление таких продуктов привел бы к необходимости поставок чистых пищевых продуктов по ценам, доступным для населения.

С самого начала было ясно, что обеспечить поставки основных продуктов питания должным образом будет весьма затруднительно. Очень часто людям приходилось либо есть загрязненные продукты, либо не есть никаких. Сбор грибов и ягод на многих территориях был также запрещен. Это привело не только к сокращению ассортимента пригодных к употреблению продуктов, но и к исключению из повседневной жизни занятия не последней важности (см. ниже). Официальные лица в СССР считают, что принятые меры по регулированию потребления продуктов питания позволяют существенно снизить мощность дозы внутреннего облучения населения и что при отсутствии таких механизмов мощность полученной внутренней дозы выросла бы в десять раз.

Как уже описывалось, основные усилия направлялись на развитие и внедрение различных методов ведения сельского хозяйства с целью

Таблица 9
Производство сельскохозяйственной продукции в Гомельской области

Год	Общий объем продукции (т)	Продукция с уровнем, превышающим максимально допустимый уровень	
		(т)	(%)
Молоко			
1986[а]	450,1	299,3	66,5
1987	813,5	235,9	29,0
1988	860,5	146,3	17,0
1989	853,5	49,2	5,7
1990[б]	457,8	5,6	1,2
Говядина			
1986[а]	341,0	64,8	19,0
1987	1842,0	71,0	3,8
1988	2055,0	24,0	1,2
1989	2244,0	10,0	0,5
1990[б]	385,6	0,7	0,2

[а] За четвертый квартал.
[б] За первое полугодие.

Источник: Информация представлена на семинарах по вопросам сельского хозяйства в Гомеле, состоявшихся 28–30 октября 1990 г.

Таблица 10

Продуктивность молока и мяса у коров в загрязненных районах Гомельской области

Год	Ежегодный надой молока на корову (л)	Среднесуточный привес (г)
1983	2051	
1984	2281	
1985	2463	
1986	2708	419
1987	2929	433
1988	3056	465
1989	3053	482

Источник: Информация представлена на семинарах по вопросам сельского хозяйства в Гомеле, состоявшихся 28–30 октября 1990 г.

исключения вероятности проникновения радионуклидов в организм через пищевые цепочки. При помощи этих методов с 1986 по 1987 годы удалось значительно снизить средние уровни загрязнения сельскохозяйственных продуктов, однако процент содержания радионуклидов в бобовых имеет различные значения в различных местностях. В настоящее время можно допустить, что уровни активности в зерновых и овощных культурах относительно малы, легко могут контролироваться и не являются причиной для особого беспокойства. Возникают вопросы, связанные с лесными плодами и ягодами, а также грибами, к которым применимы лишь ограниченные меры регулирования, однако основное внимание уделяется уровням активности в молоке и мясе, в особенности говядине. В табл. 9 приведены тенденции изменения количества производимого мяса и молока с уровнем загрязнения, превышающим предельно допустимые уровни, для Гомельской области за пять лет после аварии.

В общем, хозяйства справляются с предъявляемыми требованиями к продуктам питания, хотя порой приходится перед забоем выпасать скот на "чистых" территориях. Эта практика более привлекательна с точки зрения производства мяса лучшего качества и в больших количествах, нежели при использовании старых методов, когда за скотом "смотрели" частные хозяева. Такой же вывод позволяют сделать данные, приведенные в табл. 10 для производства мяса и молока на загрязненных территориях Гомельской области.

Эффективность принимаемых защитных мер следует оценивать не только с точки зрения снижения поступления радионуклидов в организм, но и с точки зрения их воздействия на благосостояние как колхозников, для которых работа в колхозе является основным занятием и источником получения продуктов питания, так и лиц, ведущих личное хозяйство. Многие из этих лиц более не в состоянии содержать себя и свою семью, используя традиционные методы землепользования. Для этой категории населения большую важность представляет ввоз пищевых продуктов с чистых территорий. Пока неясно, насколько широко практикуется потребление таких продуктов, до сих пор многим семьям поставляется чистое молоко взамен молока от своих коров. Не следует недооценивать социально-психологическое воздействие такого положения на лиц, ведущих частное хозяйство, поскольку в данных условиях принадлежащий им скот не производит чистое молоко или мясо, что лишает их возможности содержать семью.

Что касается контрольных уровней, то до последнего времени предельно допустимым значением уровня загрязнения на всех территориях являлась величина, равная 370 Бк/л для молока и 2960 Бк/кг для мяса. Однако, в 1990 году рекомендацией ЕЭС было предложено снизить уровень для мяса до 600 Бк/кг. Предложенная величина основывалась на требованиях к качеству продуктов, ввозимых в страны ЕЭС после аварии на ЧАЭС. Для аварий в будущем ЕЭС планирует ввести значения уровней, равные 1000 Бк/л для молока и 1250 Бк/кг для других продуктов питания. Выбор более низких значений уровней загрязнения вызвал путаницу при определении объема продукции, отвечающей общепринятым нормам. Еще большее недоумение вызвало решение Гомельского предприятия по переработке молока определить допустимый порог для молочных продуктов, например, сгущенного молока, в 37 Бк/л, причем не приводились никакие основания или научные выкладки, оправдывающие выбор столь низкого значения.

Следует представлять себе трудности, связанные с определением масштабов аварии на Чернобыльской АЭС, а также объем усилий, проделанных административными, научными и сельскохозяйственными работниками всех уровней с целью недопущения нежелательных для сельского хозяйства последствий и защиты населения от внешнего и внутреннего облучения. Объем работ был чрезвычайно велик. Следует отдать должное тем, кто работал в условиях паники и при отсутствии оборудования для проведения анализа. Беспрецедентный масштаб сельскохозяйственных проблем и периоды времени, необходимые

для сбора такого количества соответствующих научных данных, делают неоправданными предположения, что информация по продуктам питания и сельскому хозяйству скрывалась, тем более на техническом уровне. В некоторых случаях, однако, наблюдается своего рода кризис доверия к научным и административным работникам со стороны многих жителей обследованных населенных пунктов, которые обвиняют их в снижении уровня благосостояния и потере уверенности в завтрашнем дне в ряде сельскохозяйственных районов. Возникает вопрос, насколько полной и точной была информация в этих районах о принимаемых защитных мерах, а также насколько степень риска и ограничительные меры соответствуют степени риска и/или ограничительным мерам в отношении продуктов питания в европейских странах.

3.6. Действие на окружающую среду

Деревья в "рыжем лесу" к северу от Чернобыля, погибшие в результате аварии, были срублены и захоронены на месте. Леса, находящиеся вблизи АЭС и окружающие 30-километровую зону, также служат источником существенного радиоактивного загрязнения биосферы. Дикие животные чувствуют себя в безопасности, поскольку на них никто не охотится. По свидетельствам, с 1987 года в лесах перестали наблюдаться следы воздействия радиоактивного облучения и загрязнения местности в форме спонтанных мутаций. Радиоактивные вещества проникли в почву приблизительно на 10 см, однако в коре еще проявляются следы загрязнения. Если какие-то последствия загрязнения деревьев имели место, то не в явной форме. На исследовательской станции в Припяти выращивались сосны из семян, собранных в загрязненных районах в 1986 и 1987 годах, с целью сравнения их с деревьями, выращенными из семян из чистых районов, но на загрязненной почве.

Специалистами были изучены дозы, полученные как растительным и животным миром, так и людьми. Эти данные использовались в качестве основы для принятия решений по защите населения и ведению хозяйства на загрязненных территориях. Информация была дополнена результатами научных исследований по радиоэкологии и миграции радиоактивных веществ в природе, включая миграцию через пищевые цепочки. Поглощение растениями радионуклидов главным образом зависит от типа почвы и уровня загрязнения. Тем не менее, районы с низким уровнем загрязнения цезием могут характеризоваться высокими уровнями поглощения этих нуклидов и наоборот.

Радиоактивный цезий в почве интенсивно поглощается грибами. Хотя поглощение радиоактивных веществ грибами значительно разнится в зависимости от вида, уровня содержания радиоактивного цезия в почве и типа почвы, в среднем уровень загрязнения грибов относительно высок по сравнению с уровнем загрязнения почвы для данной местности. Этот факт послужил причиной введения ограничительных мер на сбор и потребление грибов во многих, особенно лесистых местностях. Первоначально проводились различия между видами грибов, однако впоследствии ограничения касались всех без исключения видов для данной местности. Меры ограничения, связанные с употреблением грибов в пищу, были и остаются весьма жесткими. Районы, на которые распространяются эти ограничения, занимают большую площадь, чем те, в которых принимаются защитные меры в области, скажем, сельского хозяйства. Несмотря на кажущуюся незначительность этой проблемы, на загрязненных территориях эти меры играют очень важную роль. Объясняется это, во-первых, тем, что грибы традиционно служили дополнением стола в больших количествах (многие считают грибы деликатесом). Во-вторых, сбор грибов составлял важную часть жизни. Газеты каждый год сообщали о рекордных урожаях грибов, люди семьями ходили собирать грибы, не жалея на это даже выходных дней. Таким образом, введенные ограничения хотя и не сделали жизнь невыносимой, но все же имели определенный социальный эффект. Они оказали серьезное воздействие на представления людей о безопасности проживания в этих местах (хотя в некоторых районах люди не знали, что, помыв перед готовкой грибы в подсоленной воде, можно снизить уровень содержания радиоактивного цезия в пять раз).

Сходное, хотя и менее серьезное положение наблюдается с дикорастущими плодами, ягодами и дикими животными, которые имеют более высокий уровень содержания радиоактивного цезия по сравнению с культурными видами. Эти продукты также существенно дополняют рацион питания и являются частью местной кухни. Ограничительные меры на потребление этих продуктов распространены менее широко, чем в отношении грибов, однако и они оказывают существенное влияние на мнение людей о безопасности проживания в этих населенных пунктах. Жители некоторых населенных пунктов, в районе которых был запрещен сбор грибов, требовали полного отселения.

На острове, находящемся в 6 км от Чернобыльской АЭС, содержались коровы и лошади, не перемещенные из 30-километровой зоны вместе с другими животными. В результате травоядные животные имели высокий уровень облучения при поглощении загрязненных кормов и по оценкам получили дозу на щитовидную железу 15 000–20 000 бэр (150–200 Зв). В конце 1990 года в исследовательском центре находилось еще около 60 голов скота из этого стада. Все лошади погибли, а у скота падеж начался через пять месяцев. Вскрытие показало полное отсутствие тканей щитовидной железы. Выжившие животные болели гипотиреозом и характеризовались замедленным ростом. Второе поколение скота выглядит нормальным.

Клинических проявлений у скота за пределами зоны отчуждения не зарегистрировано. Комиссия, работавшая под эгидой Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН (ФАО), проводила анализ сообщений в средствах массовой информации относительно врожденных аномалий домашних и диких животных на загрязненных территориях. Комиссия установила, что ни одна из аномалий не отличалась по характеру от аномалий, наблюдаемых в других странах. Вопрос заключался в том, насколько значительно повысилось количество таких аномалий. Проведенные в связи с этим широкомасштабные исследования показали, что авария не явилась причиной каких-либо отклонений.

3.7. Воздействие на состояние здоровья населения

Проведение целого ряда социальных, медицинских, организационных и защитных мероприятий привело к появлению у жителей, проживающих на загрязненных территориях, состояний стресса и обеспокоенности, а также психических расстройств (см. Часть Е [22]).

Причины и условия образования психогенных расстройств включают в себя следующие: проживание на загрязненной территории; неполное информирование населения о радиационной обстановке; различные виды ущерба и изменения жизненной модели людей, принимавших участие в ликвидации последствий аварии.

Научные организации системы министерств здравоохранения СССР, БССР и УССР, а также Академии Медицинских Наук УССР обеспечивали оказание психиатрической и психотерапевтической помощи, а позже и организацию новых структур в системе обеспечения психиатрической помощи.

Последовательное изучение степеней и распространенности психических расстройств в результате аварии и ее психологических последствий составляло часть долгосрочной всесоюзной и республиканской программ. Улучшение условий жизни должно сбалансировать психоэмоциональные нагрузки. Планируется также восстановить доверие к официальным учреждениям и при необходимости проводить мероприятия по медицинской реабилитации населения.

Для того чтобы снять обеспокоенность и стрессовое состояние людей, связанные с трудностями понимания механизмов радиационного воздействия, основные усилия следует сосредоточить на снабжении населения полной и точной информацией о реальной радиационной обстановке и возможных радиологических последствиях.

Ведущие эксперты в области радиационной медицины совместно со специалистами Минздрава СССР читали лекции, делали доклады и сообщения на сессиях Верховных, областных и местных советов народных депутатов БССР, РСФСР и УССР, выступали с обращениями к членам коммунистической партии, руководителям народного хозяйства, медицинским работникам и учреждениям, в том числе по телевидению, проводили встречи с населением и отдельными заинтересованными группами.

При Всесоюзном центре радиационной медицины был создан отдел информации. В круг его функций входила координация информационной стратегии, сбор, анализ, корректировка и обмен информацией, а также методическая поддержка информационных мероприятий. Были установлены и поддерживаются регулярные контакты со средствами массовой информациии.

При республиканских санитарно-эпидемиологических станциях на местах были созданы группы по связям с общественностью по вопросам радиационной безопасности. В их обязанности входит изучение общественного мнения и отношения к проводимым мероприятиям со стороны различных групп населения, ознакомление населения с основными сведениями из области радиационной медицины и регулярное сообщение объективной информации о радиационной обстановке.

Большое внимание уделяется проблемам специализированной подготовки медицинских работников на высшем и среднем уровнях, включая студентов санитарно-гигиенических факультетов медицинских институтов и училищ. Помимо занятий с врачами, преподаватели ежедневно встречаются с представителями общественности и рабочих оранизаций, читают лекции, проводят беседы и консультации. В БССР врачи различных

специальностей каждые две недели выступают по радио.

Всесоюзная и республиканские программы по неотложным мерам по ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС предусматривают создание объединенной системы радиологической информации общественности на основе Всесоюзного и республиканских центров радиологической информации. Планируется регулярное издание информационных бюллетеней по радиационной обстановке, состоянию здоровья населения, качеству производимых на местах продуктов, а также по ряду других проблем, связанных с ликвидацией последствий аварии; публикация результатов анализа такой информации специализированными группами, специалистами в различных отраслях экономики, радиологами. Планируется также выпуск брошюр, сборников, научно-популярной литературы, кино- и видеофильмов по проблемам радиационной безопасности и медицинским аспектам последствий чернобыльской аварии.

В соотвествии с решением Минздрава СССР при Всесоюзном научном центре профилактической медицины создается лаборатория информации по радиационной безопасности.



Рис. 8. Сводный Регистр и организации, обеспечивающие амбулаторное медицинское наблюдение

3.8. Медицинский контроль на загрязненных территориях

В дополнение к имеющимся на местах медицинским учреждениям в срочном обследовании, лечении и последующем врачебном наблюдении принимали участие до 400 специализированных бригад врачей и специалистов в области радиационной защиты и около 15 000 медицинских работников, включая студентов-медиков [10]. Было обследовано около миллиона человек, из которых 700 000 прошли тщательный дозиметрический и клинический контроль. В общей сложности 32 000 человек обследовались в стационарах, одну треть пациентов составляли дети. На загрязненных территориях в больших количествах распределялся йодистый калий (KI). Вскоре запасы KI подошли к концу и пришлось изыскивать его за пределами района. Для детей и беременных женщин был организован летний отдых. Власти разработали всеобъемлющую систему контроля уровней облучения и состояния здоровья тех, кто проводил работы по дезактивации.

В течение нескольких недель после эвакуации прибывшие медицинские бригады разъясняли населению вопросы личной дезактивации и вели медицинское наблюдение за эвакуированными с целью выявления острых проявлений болезни, обнаружить которые не удалось. Наблюдение за поглощением радиоактивного йода щитовидной железой проводилось с использованием простых полевых приборов. Была организована регистрация соответствующих данных по эвакуированным. В общей сложности 6000 детей, эвакуированных из 30-километровой зоны, получили дозы на щитовидную железу свыше 200 бэр (2 Зв). Родилось 15 детей, зачатых мужчинами, которые страдали острой лучевой болезнью. До настоящего времени в СССР проводится наблюдение за 600 000 человек (включая 90 000 детей), получивших дозы облучения в результате аварии, что является весьма крупномасштабным мероприятием [9].

Анализ распределения доз на щитовидную железу в зависимости от возраста, проведенный Министерством здравоохранения СССР, выявил две независимые группы или два вида статистического распределения. Очевидно, получил отражение тот факт, что в каждой возрастной группе присутствовали лица, принимавшие профилактические меры (прием йодсодержащих препаратов, ограничение пребывания на открытом воздухе, ограничение потребления молока и т. д.), и лица, не принимавшие подобных мер [13].

Государственный Регистр СССР (рис. 8) был создан сразу же после аварии и располагает данными с 1986 по 1989 год на людей, подвергшихся облучению в результате аварии на ЧАЭС. В настоящее время имеется база данных более чем на 500 000 человек, которая постоянно пополняется. База данных Регистра определяет три большие группы риска [13]:

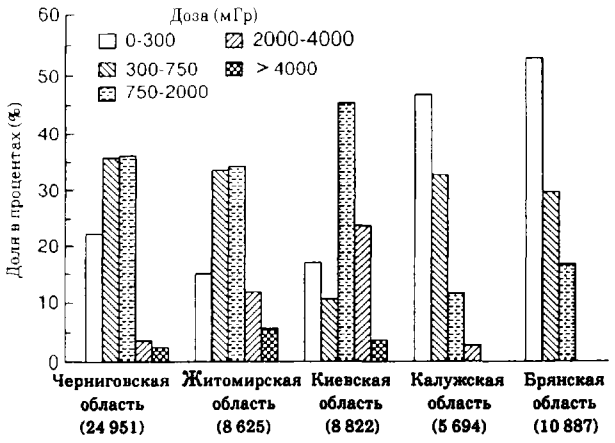


Рис. 9. Распределение поглощенных доз на щитовидную железу у детей в различных районах

— участники ликвидации аварии (“ликвидаторы”);
— проживающие на загрязненных территориях и эвакуированные с них;
— подвергшиеся облучению щитовидной железы, включая детей и подростков.

Почти половина участников ликвидации аварии подвергалась внешнему облучению и получила дозу от 100 до 250 мГр [23]. Около 10% людей получило дозу, превышающую 250 мГр. Те, кто проживал на загрязненных территориях или был с них эвакуирован, получили постоянную внешнюю и внутреннюю дозу облучения. Люди с дозой облучения на щитовидную железу в 2 Гр и выше, в особенности дети и подростки (см. рис 9), с 1987 года прошли дополнительное клиническое и дозиметрическое обследование. Хотя в 1987 году у некоторых людей были обнаружены функциональные расстройства щитовидной железы, они носили временный характер. Эти люди будут проходить регулярное обследование с целью выявления нарушений функций щитовидной железы.

Таким образом, авария на ЧАЭС послужила причиной 30 смертных случаев (зарегистрирована одна смерть от сердечного приступа): 2 при взрыве и 28 от острой лучевой болезни. Отмечено 237 случаев заболевания острой лучевой болезнью среди подвергшихся облучению, а также значительное долговременное влияние на окружающую среду и здоровье, особенно детское. Нарушение привычного образа жизни и режима питания привело к более частым жалобам на здоровье. Эти жалобы, связанные с ограничениями в потреблении продуктов, боязнью возможного влияния радиации, а также действительно им вызванные, население и местные медицинские работники в основном приписывают воздействию аварии.

4. Социально-экономические последствия

Авария на Чернобыльской АЭС сказалась не только на 30-километровой зоне. В результате аварии привычный образ жизни был нарушен у сотен тысяч жителей БССР, РСФСР и УССР (рис. 10). Почти 115 000 человек было эвакуировано, а в дальнейшем возможно отселение еще 200 000 или более, что будет зависеть от принятия решений по осуществлению защитных мероприятий. Под воздействие радиоактивного загрязнения попало 13 областей (Минская, Брестская, Ровненская, Могилевская, Гомельская, Житомирская, Киевская, Черкасская, Черниговская, Брянская, Калужская, Тульская и Орловская) с общей площадью 2000 км^2 в РСФСР, 7000 км^2 в БССР и 1000 км^2 в УССР [16].

Около 650 000 человек занимались расчисткой промплощадки Чернобыльской АЭС и 30-километровой зоны. Более 275 000 человек в настоящее время проживают в “зонах жесткого контроля” (ЗЖК), где до сих пор проводится жесткое наблюдение за уровнем радиации. До сих пор существует 30-километровая зона отчуждения. Официальные представители органов здравоох-

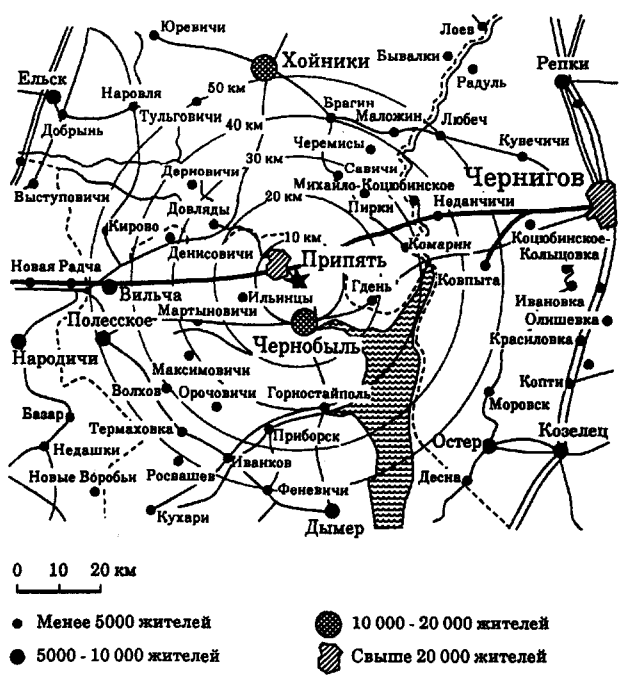


Рис. 10. Распределение населения в 50-км зоне Чернобыльской АЭС. [Источник: [18]]

ранения СССР предложили для проживающих в ЗЖК установить предел дозы за всю жизнь, равный 35 бэр (350 Зв) (см. подробнее в Части Ж). В соответствии с таким подходом люди будут продолжать проживать в контролируемых районах, находясь под постоянным наблюдением. Будут также предприняты попытки сократить дозу, полученную в течение жизни. В случае неудачи от 20 000 до 100 000 людей будут отселены.

4.1. Белорусская ССР

Из всех территорий, загрязненных радиоактивностью после аварии, 70% расположено в Белоруссии (38 400 км^2 или 18% всех земель республики). Двадцать семь городов и 2 666 других населенных пунктов с общей численностью населения 2,1 млн. человек находятся на территориях, где уровень радиоактивного загрязнения превышает 1 Ки/км^2 (37 кБк/м^2). В районах с уровнем загрязнения от 1 до 5 Ки/км^2 (37–185 кБк/м^2) расположено 14 городов и 1352 других населенных пунктов с общей численностью населения 1 734 000 человек; 8 городов и 919 других населенных пунктов с общей численностью населения 267 000 человек расположено в районах с уровнем загрязнения от 5 до 15 Ки/км^2 (185–555 кБк/м^2); 5 городов и 295 населенных пунктов с общей численностью населения 105 000 расположено в районах с уровнем загрязнения 15 Ки/км^2 (555 кБк/м^2) и более. В число последних входит зона с уровнем загрязнения выше 40 Ки/км^2 (1480 кБк/м^2), где в 70 населенных пунктах проживает 9400 человек.

На первом этапе после аварии были предприняты срочные меры по защите населения: было эвакуировано население из 107 населенных пунктов в Брагинском, Наровлянском и Хойническом районах Гомельской области. Всего было эвакуировано 24 700 человек, для которых в короткий срок было построено 9770 жилых секций в домах на несколько семей, а также другие необходимые здания.

Потери для экономики Белоруссии в период с 1986 по 1989 годы оцениваются Министерством финансов БССР в 3,5 миллиарда рублей. В наибольшей степени пострадало сельское хозяйство. Радиоактивному загрязнению подверглось более 1,6 млн. га сельскохозяйственных земель (более 18% общей территории), из которых 106 000 га были исключены из оборота через 12 месяцев после аварии. За период с 1986 по 1989 годы 257 000 га сельскохозяйственных угодий были исключены из пользования, в том числе 79 000 га пахотных земель, с которых невозможно было получить незагрязненную продукцию. Около 1 млн. га леса (или 15%) также имеют различную степень загрязнения.

На территории 194 000 га после эвакуации населения были организованы зоны отчуждения, большая часть которых была в дальнейшем преобразована в Государственные радиоэкологические заповедники. Эвакуация привела к закрытию 20 совхозов и колхозов, возделывавших 90 800 га сельскохозяйственных земель, в том числе 36 100 га пашни. 77 000 га земли в Могилевской области и 396 000 га в Гомельской области имели уровень радиоактивного загрязнения, вызванного радионуклидами стронция-90, более 0,3 Ки/км^2 (11,1 кБк/м^2).

У колхозов и отдельных граждан возникает все больше проблем с ведением сельского хозяйства на загрязненных территориях. Поголовье скота уменьшается. Только в Гомельской и Могилевской областях за период с 1987 по 1990 годы поголовье крупного рогатого скота в подсобных хозяйствах уменьшилось на 106 000 голов. По дойным коровам и свиньям это составляет 77 000 и 41 000, соответственно. Ухудшается положение с поставками продовольственных товаров, особенно мясных и молочных продуктов. В связи с этим в загрязненных районах территории БССР нарастает социальная напряженность.

Проведенные в 1986–1989 годах научные исследования и наблюдения показывают, что в ближайшие 5–10 лет радиационная обстановка в БССР существенно не улучшится. Опыт колхозов и совхозов свидетельствует, что несмотря на меры, предпринятые для улучшения сельскохозяйственных земель согласно указаниям Госагропрома СССР по ведению сельского хозяйства в загрязненных районах, от 25 до 50% кормов и более, произведенных в районах с уровнями радиоактивности от 15 до 40 Ки/км^2 (от 555 до 1480 кБк/м^2) и выше, могут иметь ограниченное применение из-за высокого радиоактивного загрязнения. В данных районах практически невозможно получить чистое молоко.

В БССР приняты рекомендации по ведению сельского хозяйства на загрязненных радиоактивностью территориях в 1990 году и программа дальнейшей специализации хозяйств. При этом предполагается разбивка территории на зоны по стронцию-90 и запрещение сельскохозяйственной деятельности в районах с уровнем содержания цезия-137 более 40 Ки/км^2 (1480 кБк/м^2). В дополнение к этому запрещено производство молока в районах с уровнем содержания цезия свыше 15 Ки/км^2 (555 кБк/м^2). Для предотвращения производства загрязненных продуктов были разработаны методики возделывания пашни и разведения скота.

4.1.1. Гомельская область

В настоящее время республиканские органы власти столкнулись с рядом проблем. Во-первых, население области считает приезжих из загрязненных районов источниками загрязнения. Это социальная и психологическая проблема, которая может быть решена только путем повышения образованности людей. Во-вторых, местные власти должны принимать решения по определению приоритетов в выделении жилья для переселенных людей. Приезжие получают жилье раньше тех, кто долгое время ждал улучшения жилищных условий, что вызывает трения. В-третьих, необходимо создать условия для престарелых людей, которые не хотят покидать родные деревни. Особенно сложно отселять престарелых людей, предки и родственники которых похоронены на деревенских кладбищах. В настоящее время кладбища закрыты, и люди чувствуют себя оторванными от корней. Наконец, республика не располагает достаточным экономическим потенциалом для строительства жилья для новых эвакуированных. Необходима помощь со стороны.

В первую очередь информация об аварии через общесоюзные военные каналы поступила в штаб Гражданской обороны БССР в Гомеле, а затем была передана в Министерство обороны СССР, Председателю Верховного совета БССР и Первому секретарю ЦК КПБ. На республиканском уровне в первые дни не было принято каких-либо решений по эвакуации или иным защитным мерам. Председатель городского совета Гомеля своей властью ввел меры по радиационной защите, о чем было объявлено по радио. Гражданам рекомендовалось оставаться в помещениях и по возможности меньше находиться на открытом воздухе. Скот также рекомендовалось содержать в помещениях. 1 мая было принято решение об эвакуации детей и беременных женщин из районов 30-километровой зоны, имевших высокие уровни радиоактивности. Это постановление касалось 25 населенных пунктов. 4 мая, после загрязнения еще 50 населенных пунктов, было эвакуировано 11 035 человек.

В мае же было сочтено, что еще 28 населенных пунктов имеют достаточно высокие уровни радиации, и необходима дополнительная эвакуация 6017 человек, что и было выполнено в период со 2 по 9 июня. К концу августа было эвакуировано 7327 человек из 29 населенных пунктов. Таким образом, в конце весны и летом всего было эвакуировано 24 700 человек из 107 населенных пунктов. Основанием для эвакуации являлись уровни радиации, замеренные 10 мая. В конце 1986 года было эвакуировано еще 1612 человек из 12 населенных пунктов. В 1987 году в БССР было эвакуировано еще большее количество людей, а из Брагина жители эвакуировались и в 1988 году. В 1987 году радиоактивное загрязнение было обнаружено в Минске. Лишь к концу 1989 года была получена полная картина радиоактивного загрязнения цезием, стронцием и плутонием в целом по БССР.

28–29 апреля всему населению были розданы таблетки йодистого калия. Регулярное распределение таблеток йодистого калия (KI) продолжалось до 10 мая, когда началось снижение количества выбросов радиоактивного йода с АЭС. Очень трудно определить, сколько людей в действительности принимали таблетки. Все решения по защитным мерам в БССР до 27 августа 1986 года принимались на республиканском уровне. Только в августе 1986 года появились решения на общесоюзном уровне. По отчетам эвакуированные проходили дозиметрический контроль щитовидной железы в местах эвакуации (в лагерях, школах или санаториях); там же им разрешалось переодеться. В настоящее время составлен список эвакуированных, и данные по ним хранятся в Минске. По этим данным ответственные лица пытаются восстановить уровень полученных доз.

Эвакуация и финансовые компенсации осуществлялись на основе карт, выпускавшихся ежегодно после аварии. В 1986 году на первой карте указывались лишь уровни гамма-излучения; впоследствии указывалось также загрязнение радиоактивным цезием.

Первоначально было эвакуировано 24 000 человек, из которых 1667 решили вернуться в свои дома. В связи с этим было принято решение о дезактивации четырех населенных пунктов в Брагинском районе. Была проведена дезактивация огородов, общественных мест, производственных площадей, дорог и проточных вод. В настоящее время принято решение об отселении еще 169 населенных пунктов (10 000 семей) из северных районов республики, где уровни радиоактивного загрязнения таковы, что они могут привести к получению людьми дозы, превышающей 35 бэр (350 мЗв) в течение жизни. Это касается семей, имеющих маленьких детей или беременных женщин, а также проживающих в районах, где загрязнение выше 40 Ки/км^2 (1480 кБк/м^2). В БССР разрешено добровольное отселение людей из районов с уровнем радиоактивного загрязнения от 15 до 40 Ки/км^2 (555–1480 кБк/м^2), а также из районов, где загрязнены продукты, даже если уровень загрязнения территории ниже 15 Ки/км^2 (555 кБк/м^2).

Общее количество потенциальных переселенцев, включая проживающих на территориях, граничащих с зонами, имеющими высокий уровень

Новозыбков

Жители Новозыбкова узнали об аварии и уровнях радиоактивного загрязнения приблизительно 3 мая. 4 мая детские сады получили указание о влажной уборке помещений и содержании детей в помещениях при закрытых окнах. 6 или 7 мая для предотвращения "радиоактивного загрязнения" было рекомендовано кормить всех детей, кроме грудных, пищей, приготовленной на сухом молоке. 9 мая была выпущена памятка, информирующая людей о том, что они проживают в зоне радиоактивного загрязнения и должны: (1) оставаться в помещениях, (2) провести влажную уборку, (3) вымыться и (4) закрыть все окна.

11 или 12 мая были закрыты все молочные кухни. Эти молочные кухни выдавали молоко детям до одного года, которые не вскармливались молоком матери. Кухни были открыты вновь 17 мая и использовали порошковое молоко. Измерение уровней радиоактивного загрязнения и облучения в Новозыбкове началось 15 мая. Для этой цели использовалась ленинградская передвижная лаборатория радиационного контроля. Специалисты ленинградского учреждения производили расчеты доз, но в Новозыбков результаты расчетов не сообщались.

17 мая всем детям должны были быть розданы таблетки йодистого калия (KI), а взрослые должны были получить их на неделю позже, но эти мероприятия были отменены, так как посчитали, что после аварии прошло слишком много времени, и пользы от таблеток не будет. Массовые измерения в районе вокруг Новозыбкова начались в конце мая. Дозиметрический контроль прошли 17 000 человек, в том числе 7000 детей. Было выявлено, что тысяча детей получила значительные дозы на щитовидную железу, а у 200 детей величина такой дозы превышала 75 рад (0,75 Гр).

Контроль продуктов питания начался на довольно ранней стадии и касался мясных и молочных продуктов. В настоящее время молоко завозится из чистого района, расположенного в 120 км к северо-западу от Новозыбкова. Контроль за состоянием мяса и молока ведется по сей день. Овощи и фрукты, выращенные на местах, проверяются на радиоактивное загрязнение. Население знает о рекомендациях и любой человек при желании может доставить свою продукцию в лабораторию для измерения уровней радиоактивного загрязнения. Кроме того, на проверку могут быть доставлены дичь, рыба и дикорастущие грибы и ягоды. В целом, население выполняет инструкции по радиоактивному контролю. Контролируются все продукты питания, поступающие в детские сады, школы и больницы. Для этих учреждений предельно допустимые концентрации в два раза ниже, чем для остальной части населения.

радиоактивного загрязнения, составляет приблизительно 40 000 семей или несколько больше 100 000 человек. 10 000 семей (22 000 человек) либо проживают на территориях с уровнем радиоактивного загрязнения свыше 40 Ки/км^2 (1480 кБк/м^2), либо имеют в своем составе маленьких детей или беременных женщин. Кроме того, 78 000 человек (30 000 семей) получили разрешение на отселение с территорий, имеющих уровни радиоактивного загрязнения от 15 до 40 Ки/км^2 (555–1480 кБк/м^2) или загрязненные продукты. Однако, 7000 семей из их числа решило остаться.

40% молочных продуктов, производимых в БССР, потребляются на всей территории СССР. После аварии республика была заинтересована в том, чтобы молоко было официально признано чистым, что позволило бы продолжить этот вид сельскохозяйственной деятельности. Ежегодно отбирается 340 000 проб молока для проверки в 190 лабораториях. На молокозаводах производится выборочный контроль молока. Проверяются уровни радиоактивного загрязнения молока, поступающего от частных лиц.

В связи с радиоактивным загрязнением почвы в 1986 году были введены ограничения на использование молока и мяса, а также овощей, ягод, рыбы и грибов. Остается проблема контроля продукции, производимой частными лицами, которые не хотят утруждать себя таким контролем. В республике организована сеть контрольных пунктов, откуда прошедшая проверку продукция поступает на перерабатывающие предприятия.

4.2. РСФСР

В Брянской области круглосуточный радиационный контроль был введен 29 апреля 1986 года после первого зарегистрированного повышения радиационного фона. Карты радиоактивного за-

грязнения показали, что пять районов, расположенных к западу от Брянской области, были загрязнены. Территория этих районов составляла 5500 км^2 с населением 278 300 человек. 216 населенных пунктов находилось в районах, где плотность радиоактивного загрязнения цезием-137 была в пределах 15–40 Ки/км^2 (555–1480 кБк/м^2). 15 населенных пунктов располагались в районах, где уровень радиоактивного загрязнения превышал 40 Ки/км^2 (1480 кБк/м^2).

В хронологическом порядке защитные меры, принятые местными органами власти, располагались следующим образом:

— 3–4 мая 1986 года было запрещено употребление молока, произведенного в западных районах;
— 3 мая до сведения людей, проживающих в загрязненных районах, были доведены соответствующие инструкции;
— 6–7 мая были введены меры специального дозиметрического контроля молочной продукции;
— 3–7 мая приступили к работе семь дополнительных лабораторий радиационной защиты;
— 9 мая были введены в действие радиологические проверки состояния продуктов питания на рынках;
— 12 мая были выданы рекомендации для населения в отношении дикорастущих грибов, ягод и трав;
— 19 мая была подготовлена сеть центров отдыха в чистых районах (80% детей и 70% беременных женщин провели там летние отпуска);
— 7 августа местными властями был создан план мер по дезактивации районов: дополнительное отселение четырех населенных пунктов, дезактивация зданий и сооружений в 126 населенных пунктах, дезактивация источников питьевой воды (колодцев), очистка дорог от радиоактивной пыли, дезактивация пахотных земель и животноводческих ферм;
— 5 сентября Брянский областной совет народных депутатов одобрил применение общей системы дозиметрического контроля, которое предусматривало снабжение населения, проживающего на загрязненных территориях, чистым молоком и мясом из других регионов страны;
— летом 1987 года все дети, проживавшие на загрязненных территориях, провели летние каникулы в "чистых" районах.

В 1987 году каждому лицу, проживавшему на территориях с плотностью загрязнения цезием-137 свыше 15 Ки/км^2 (555 кБк/м^2), было выдано специальное дозиметрическое свидетельство.

До декабря 1986 года были проведены медицинские обследования 86 000 человек с целью обнаружения заболеваний, связанных с радиоактивным облучением, однако такие заболевания не были выявлены.

В Брянской области строятся новые населенные пункты для отселения людей, проживающих на территориях с радиоактивным загрязнением свыше 40 Ки/км^2 (1480 кБк/м^2). Предполагается, что эти люди в количестве примерно 7000 человек за всю жизнь получат дозу, превышающую 35 бэр (350 мЗв). В районах с уровнями радиоактивного загрязнения от 15 до 40 Ки/км^2 (555–1480 кБк/м^2) проживает 112 000 человек или более одной пятой от всего населения Брянской области (497 000 человек). Доза свыше 35 бэр (350 мЗв) будет только в семи населенных пунктах, жители которых будут отселены.

4.3. Украинская ССР

В Украинской ССР более 93 000 человек были эвакуированы в новые районы проживания. В общей сложности было построено 11 000 новых домов, 27 новых микрорайонов с высокоэтажными жилыми домами и более 600 объектов социально-бытового назначения. Были отремонтированы старые дороги и построено 14 000 км новых дорог. Газ был подан в 10 800 домов и более чем в 5000 квартир. С целью предотвращения поступления радиоактивного загрязнения в Киевское водохранилище был осуществлен ряд технических проектов, в том числе строительство 131 дамбы на Припяти и других притоках Днепра. В районах проживания в Киевской и Житомирской областях было пробурено 570 артезианских скважин и сооружено 810 водопроводов. Дезактивация была проведена в 342 местах, охватывающих сотни квадратных километров территории, а также была осуществлена рекламация 460 000 га сельскохозяйственных земель.

Размер средств на ликвидацию последствий аварии на Украине оценивается в 2,3 миллиарда рублей из государственного бюджета, а всего в 8 миллиардов рублей. Были осуществлены значительные усилия по стабилизации радиационной обстановки и снижению уровней доз, получаемых населением. Тем не менее, ситуация в загрязненных зонах остается сложной. Республиканские власти хотят дополнительно построить более 2 миллионов квадратных метров жилой площади предполагаемой стоимостью более 830 миллионов рублей. Они также предпринимают попытки организовать регулярный контроль уровней радиоактивного облучения, ужесточить нормы допустимого содержания радиоактив-

ности в местных продуктах питания, проводить контроль радиоактивности жилых районов и ежегодные медицинские обследования всего населения, а также ввести строгий контроль за системами водоснабжения и канализации.

Кроме того, программа, предложенная Правительством УССР на основе рекомендаций Академии Наук УССР и других республиканских и местных научных организаций, должна включать в себя:

— разработку моделей миграции радионуклидов и прогнозов экологических последствий аварии;
— осуществление мероприятий по радиационному контролю в зоне, загрязненной в результате аварии, и создание условий для безопасного проживания населения на загрязненных территориях;
— изучение распределения радиоактивного загрязнения и разработку рекомендаций по обеспечению безопасности населения и удовлетворению их потребностей по снабжению продуктами питания в этих районах;
— проведение мероприятий по осуществлению научной поддержки новых методов предотвращения распространения радиоактивного загрязнения и дезактивации;
— изучение социально-экономических аспектов проживания и работы на загрязненных территориях.

Эти и ряд других мер будут предметом постоянного обсуждения официальными органами УССР и СССР в ближайшие годы.

4.3.1. Киев

Киев является третьим по величине городом в СССР с населением около 3 миллионов человек. Это столица УССР и центр Киевской области. Жители города быстро узнали об аварии, происшедшей на ЧАЭС, которая расположена в 160 км от Киева. Были мобилизованы усилия местных органов гражданской обороны. Транспортная система оказалась не в состоянии обеспечить автобусы для эвакуации населения. Первым мероприятием по оповещению населения было телевизионное обращение, состоявшееся вечером в понедельник, 28 апреля, приблизительно через три дня после аварии. По мере того, как для ликвидации аварии привлекались дополнительные ресурсы (Киев является основным источником таких ресурсов, а также транзитным пунктом поступления ресурсов извне), в городе усиливались слухи о возможном ухудшении положения на АЭС.

Вначале ветер относил радиоактивное загрязнение от Киева, однако с течением времени направление ветра изменялось, и к 30 апреля ветер подул с севера. Наблюдатели городских органов гражданской обороны зафиксировали повышение уровней радиации. Местные власти выпустили рекомендации по ограничению облучения. Некоторые жители предприняли в этом отношении самостоятельные шаги. В течение нескольких недель после аварии многие жители покинули город или отправили из города своих детей. Одним из наиболее важных вопросов был вопрос об отмене первомайской демонстрации, демонстрации в честь Дня Победы 9 мая и народных гуляний, в том числе 4 мая. Было решено, что ожидаемые уровни радиации не могут служить причиной отмены таких важных мероприятий.

Позднее официальные лица и научные работники опубликовали дополнительные рекомендации по ограничению уровня облучения (после 4 мая был введен дозиметрический контроль молока, после 15 мая — проверка и обязательное мытье овощей. Было рекомендовано проводить меньше времени на открытом воздухе, воздерживаться от загорания и купания и не позволять детям играть в песочницах). Другие защитные меры, рекомендованные властями, включали в себя организацию сети контрольно-пропускных пунктов на главных дорогах, ведущих в город, на которых осуществлялся дозиметрический контроль и мытье овощей; более частое мытье улиц, специальные методы сбора листьев, опавших в 1986 году; запрет на продажу продуктов питания на открытом воздухе. Официальные представители также дали подтверждение спонтанно образовавшейся практике отправлять детей и беременных женщин в "чистые" районы.

Киевским отделением Всесоюзного научного центра радиационной медицины была проведена оценка радиационной обстановки, создавшейся в результате выброса радиоактивного йода. Было отобрано более 1000 проб из атмосферы и других экологических сред с целью измерения концентраций йода. Были также проведены индивидуальные замеры уровней содержания радиоактивного йода в щитовидной железе у более чем 3000 киевлян в 1986 году [24].

В мае 1986 года концентрация радиоактивного йода в молоке, потребляемом жителями Киева, составляла за период более 25 дней в среднем около 1100 Бк/л. За этот же период времени на республиканском уровне было введено временное ограничение допустимых концентраций радиоактивного йода в молоке, равное 3700 Бк/л. В результате принятых мер в Киеве практически не

Бородянка. Поселок, принявший эвакуированных

Поселок городского типа Бородянка является основным местом отселения эвакуированных из Припяти и 30-километровой зоны. Население Бородянки — 60 000 человек. Задачей первостепенной важности для властей был прием и расселение эвакуированных людей, которых разместили в каждом из ближайших поселков. Необходимо было найти жилье для 38 000 человек, в основном из Чернобыля. Первые эвакуированные прибыли 3 мая и продолжали прибывать вплоть до 6 мая. Министерство здравоохранения УССР направило 30 бригад врачей для оказания помощи эвакуированным. Кроме того, поскольку события происходили летом, и погода была теплая, у людей было достаточно одежды и делиться нужно было в основном продуктами питания, которые завозились из других районов, например, из Киева. Овцы и крупный рогатый скот также были эвакуированы из 30-километровой зоны в Бородянский район. Тем не менее, эвакуация вызвала серьезные затруднения в снабжении Бородянского района питанием.

Только в Бородянском районе было построено 1300 новых зданий для постоянного проживания 4500 эвакуированных людей. Всего в поселке появилось 28 новых магазинов и 900 новых блочных жилых домов. Было построено пять новых школ для местных детей и детей эвакуированных. Поселок Бородянка получил помощь из других республик и Киева. Местные власти составляли карту радиоактивного загрязнения района; 18 пунктов были тщательно проверены. В настоящее время в районе есть точки с уровнем радиоактивного загрязнения цезием-137 до 5 Ки/км^2 (185 кБк/м^2). Продолжается проверка продуктов питания на радиоактивное загрязнение. Со временем у эвакуированных людей появились новые заботы. Сейчас их больше волнуют вопросы адаптации на новых местах, хотя большинству хотелось бы все же вернуться в Чернобыль. По-видимому, основную озабоченность в эвакуированных семьях вызывает состояние здоровья, но все они проходят регулярные медицинские обследования с момента эвакуации. В сентябре 1990 года на установке СИЧ было проверено около тысячи детей. Превышения уровней облучения выявлено не было.

Колхозники, эвакуированные из Чернобыля в район Бородянки

Все жители одного из колхозов, располагавшегося в 10 км к югу от Чернобыльской АЭС, были отселены в район Бородянки. В первые дни после аварии люди занимались обычным трудом. Иногда они помогали наполнять мешки с песком, которые сбрасывались с вертолета на реактор, а также наблюдали за дымом над реактором для определения направления ветра. Как и другие хозяйства, находящиеся в 30-километровой зоне, эта деревня была эвакуирована только после 4 мая. В период с 29 апреля по 4 мая все колхозники работали на картофельных полях.

До аварии колхоз имел один из самых высоких производственных показателей в районе. Новый колхоз производит те же продукты. По приезде в район Бородянки каждый эвакуированный человек получил 200 рублей и такую же сумму несколько позже, и компенсацию за оставленную землю. Решение об организации нового колхоза было принято в сентябре 1986 года самими колхозниками после того, как они поработали в других хозяйствах в первые месяцы после эвакуции.

Эвакуированные люди предпочли бы вернуться в Чернобыль, но смирились с тем, что это невозможно. Поэтому они решили перестроить город таким образом, чтобы он был как можно больше похож на прежний. Дома построены так же, как в Чернобыле, так что соседи у людей те же. Названия улиц были сохранены, и люди пытаются жить как до аварии. Некоторые из женщин говорили, что они глубоко сожалеют о том, что покинули Чернобыль, "наши дома и дома наших предков", и вернулись бы, если могли.

Полесское. Поселок с неопределенным будущим

Полесское, поселок городского типа с населением 13 500 человек, стал временным пристанищем для большого количества эвакуированных. Поселок является центром Полесского района, население которого составляет 36 000 человек. Население района занимается сельским хозяйством (скотоводство, картофелеводство в колхозах); существует также мебельное производство и пошив одежды. 10% территории района расположено в 30-километровой зоне.

Несмотря на то, что в настоящее время в поселке Полесское находится небольшое количество эвакуированных, последствия аварии все еще представляют собой предмет первостепенной заботы местных властей. Пять сел, находящихся на загрязненных территориях района, были эвакуированы, пять других имеют "горячие пятна" радиоактивного загрязнения. В самом поселке также находятся "горячие пятна", что заставляет жителей сомневаться в собственной безопасности. Кроме того, люди отдают себе отчет в постоянной возможности эвакуации.

Будущее шестнадцати населенных пунктов района представляется его жителям весьма неопределенным, так как уровни радиоактивного загрязнения цезием-137 на этих территориях составляют более 15 Ки/км^2 (555 кБк/м^2). Первые карты, сообщающие результаты подробных исследований, были опубликованы в 1989 году, и в настоящее время публикуются в местной печати обычным порядком. Решение, принятое в 1989 году Советом Министров УССР, предоставляет семьям с детьми до 17 лет право на отселение и компенсацию. В Полесском районе под действие этого решения подпадает 2050 семей, 750 из которых заявили о своем нежелании эвакуироваться. Остальные 1300 семей ожидают предоставления им "подходящего" жилья. Для этой цели власти республики предложили проект строительства 1000 квартир в Киевской области.

Максимальный зарегистрированный уровень радиоактивного загрязнения в районе составлял 115 Ки/км^2 (4,225 МБк/м^2). В районах с такими уровнями загрязнения неоднократно проводилась дезактивация, однако процесс ее проведения оказался затрудненным, и значения уровней продолжают оставаться высокими. До сих пор люди проживают в районах, признанных опасными для проживания. Населению были розданы индивидуальные дозиметры, однако данные о величине полученных доз не были опубликованы.

Район в достатке снабжается незагрязненными продуктами питания. Урожай льна и пивного хмеля не убирается в связи с их радиоактивным загрязнением, однако, судя по всему, картофель не загрязнен. Скот из этого района перед забоем в течение нескольких месяцев выпасается на чистых пастбищах. Дезактивация лесных массивов не проводилась. Чтобы не допустить использования загрязненных земель, на них проводилось облесение.

На вопрос о том, хотят ли люди эвакуироваться, официальные лица отвечали, что людям трудно разрывать связи с прошлым и родными селами. Несмотря на эти заявления, результаты опроса общественного мнения, проведенного в данной местности, показали, что 96% населения высказываются за отселение. При этом условия компенсации были бы для них менее благоприятными, чем, например, для жителей Припяти.

было зарегистрировано случаев потребления молока с уровнем загрязнения радиоактивным йодом, превышающим указанное ограничение. В связи со значительной степенью поверхностного радиоактивного загрязнения зеленых овощей, при помощи средств массовой информации людям не рекомендовали употреблять их в пищу.

Особые меры защиты были предприняты в отношении Киевского водохранилища, отличающегося крупными размерами. Был проложен временный трубопровод к другому источнику воды, находящемуся к востоку от Киева, причем перекачка воды осуществлялась при помощи плавучей насосной станции. В середине 1986 года с целью смыва радиоактивных веществ из водохранилища была спущена вода. Эта мера, а также выход из строя ЧАЭС привели к значительному дефициту электроэнергии в течение этого лета.

5. Социально-политические аспекты

5.1. Разработка концепции безопасного проживания

В настоящее время работа по радиационной защите в СССР осложнена, и имеется необходимость создания комплексной программы по контролю результатов измерения радиоактивного загрязнения окружающей среды и пищевых продуктов. Обстановка обострена еще и тем, что население загрязненных районов в ожидании отселения испугано. Таким образом, возрастает роль, которую играют критерии, формирующие основу понятия, носящего в СССР название "безопасное проживание".

Верховный Совет СССР разработал программу финансирования различных защитных мер, включая меры в области сельского хозяйства и меры по отселению. Программа создавалась на двухлетний срок, с 1990 по 1992 годы. Были предложены различные концепции отселения. Они включают в себя *концепцию временных пределов доз,* которая вводилась в течение первого года, *концепцию дозы в течение жизни, концепцию двух уровней дозы в течение жизни, концепцию мощности дозы и концепцию радиоактивного поверхностного загрязнения земли.*

5.1.1. Временные пределы дозы

После аварии Министерство здравоохранения СССР по рекомендации НКРЗ СССР представило подготовленные ранее инструкции для населения (СП-АЭС-79), устанавливающие *предельно допустимые дозы* в 10 бэр (100 мЗв) для разового облучения всего тела в течение первого года после аварии. НКРЗ СССР рекомендовала также ряд дополнительных так называемых временных пределов доз на 1987–1989 годы, которые были одобрены Минздравом СССР и приводятся в табл. 11.

Указанные пределы приведены для критической группы, т. е. детей, родившихся в 1986 году. Таким образом, предел дозы для 1987 года рассчитан для годовалого ребенка, для 1988 года — для двухлетнего и т. д.

5.1.2. Концепция дозы в течение жизни

К началу 1987 года стало совершенно ясно, что ограничительные меры в отношении продуктов питания и поведения населения оказывали большое влияние на повседневную жизнь в наиболее загрязненных районах БССР, РСФСР и УССР. Советские официальные лица отдавали себе отчет в том, что система ограничений сельскохозяйственной деятельности, введенная в районах, расположенных вблизи от ЧАЭС, не может действовать долго. Эти районы находятся в сельской местности и основным родом занятия жителей в них является сельское хозяйство. Руководствуясь этими соображениями, в конце 1988 года официальные органы завершили анализ "концепции безопасного проживания", определявшей радиационную обстановку, при которой жизнь была бы нормальной без ограничений в рационе питания или в поведении населения при обеспечении безопасности жизни населения. Так называемая "концепция предела дозы в течение жизни" определяла уровень дозы облучения, полученной в течение более 70 лет с момента аварии.

НКРЗ СССР предложила взять за основу предела дозы в течение жизни величину в 35 бэр (350 мЗв) в качестве уровня вмешательства (отселение с 1 января 1990 г). Доза в течение жизни была определена в 350 мЗв, при этом исходили из следующих трех факторов, с учетом внутренних и внешних доз облучения:

(1) связь дозиметрии и радиобиологии; допускается получение 5 мЗв в год в течение 70 лет, которые составляют среднюю продолжительность жизни в СССР;

Таблица 11
Временные пределы доз для отселения жителей в первые годы после аварии на ЧАЭС (для внешнего облучения в результате аварии)

Год	Временные пределы дозы (мЗв)
С момента аварии до конца 1986 г.	100 (10 бэр)
1987	30 (3 бэр)
1988	25 (2,5 бэр)
1989	25 (2,5 бэр)
Всего с 26 апреля 1986 г. до 1 января 1990 г.	180 (18 бэр)

[a] Пределы дозы относятся к критической группе риска, которая определена для детей, родившихся в 1986 г., т. е. предел дозы для 1987 г. относится к детям в возрасте одного года, предел дозы для 1988 г. — для детей в возрасте двух лет и т. д.

(2) доза с первого по семидесятый год не должна оказывать влияния на здоровье;
(3) доза, полученная человеком в течение жизни, не должна превышать 350 мЗв.

Был проведен анализ всех данных по аспектам причинно-следственной зависимости здоровья от дозы облучения. Ни в одной из обследованных групп населения не было выявлено отрицательного влияния на здоровье минимальной дозы на весь организм в 1 Зв; такая доза может быть получена при высоких мощностях дозы. При низких мощностях дозы эта минимальная доза может быть в 2–200 раз больше. Однако, поскольку дети почти в два раза более чувствительны к позднему воздействию радиации на организм, уровень минимальной дозы был снижен до 1 Зв. Для поправки на неоднородность распределения дозы был введен дополнительный понижающий коэффициент 3; в результате было получено консервативное значение 350 мЗв.

По рекомендации НКРЗ концепция 350 мЗв была одобрена Советом Министров СССР в сентябре 1988 года. Ученые БССР не согласны с этой концепцией. Тем не менее, это значение было одобрено и Правительственной комиссией, созданной для ликвидации последствий аварии на ЧАЭС, и должно было быть введено в действие в начале 1990 года. К началу 1989 года концепция предела дозы 350 мЗв в течение жизни для населения, проживающего на загрязненных территориях, широко обсуждалась представителями политических, общественных и других организаций. Вопрос стал спорным и приобрел политическую окраску. Отчасти из-за политического характера противоречий общественность начала критически относиться к этой концепции.

Эти противоречия привели к еще большей неуверенности среди населения и к снижению доверия к ученым.

В апреле 1989 года Академия Наук БССР направила письмо в Совет Министров БССР и ЦК КПБ с отчетом об основных результатах работы по ликвидации последствий аварии на ЧАЭС. В отчете выражалась озабоченность в связи с трудностями применения концепции дозы 350 мЗв в течение жизни. До настоящего времени концепция предела дозы для постоянного внутреннего и внешнего облучения не применялась для низких доз. Кроме того, считалось, что в рамках концепции будут предложены меры по предотвращению возможного превышения предельной дозы и система контроля полученных доз. Предполагалось также, что плотность радиоактивного загрязнения цезием-137 10–15 Ки/км^2 (370–555 кБк/м^2) будет принята в качестве верхнего предела и доза 350 мЗв не будет являться основанием для введения защитных мероприятий. В результате было предложено отселять людей, проживающих на территории с плотностью загрязнения цезием-137 свыше 15 Ки/км^2 (555 кБк/м^2), и направить основные усилия на улучшение условий проживания, сельскохозяйственной деятельности и бытовых условий в районах с плотностью загрязнения цезием-137 ниже 15 Ки/км^2 (555 кБк/м^2).

СССР обратился к международным организациям за помощью в определении критериев безопасного проживания. Представители Международной комиссии по радиологической защите (МКРЗ), Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), Лиги Обществ Красного Креста и Красного Полумесяца посетили пострадавший район. Они высказали соображение, что предел дозы в течение жизни не является решающим критерием и что предел дозы 350 мЗв, возможно, ниже норм, принятых в других странах (см. Часть А). Таким образом, с точки зрения этих организаций Правительство СССР при принятии сложного решения, вероятно, заняло ошибочную консервативную позицию в условиях сложной политической обстановки.

В ответ на апрельское письмо 1989 года в Академию Наук БССР было направлено сообщение СССР от 28 ноября, в котором была подтверждена концепция 350 мЗв. Академия Наук БССР заявила, что у нее нет встречных предложений, так как она не располагает собственными данными и не имеет доступа к общесоюзным данным. Академия Наук выразила свое несогласие с концепцией 350 мЗв.

В октябре 1989 года Верховный Совет БССР впервые принял Государственную программу по ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС на территории республики в 1990–1995 годах. Программа включает в себя следующие положения:

(1) Должны быть отселены люди, проживающие на территориях с уровнем загрязнения свыше 40 Ки/км^2 (1480 кБк/м^2), а также семьи с детьми в возрасте до 14 лет и беременные женщины, проживающие на территориях с плотностью загрязнения от 15 до 40 Ки/км^2 (555 и 1480 кБк/м^2).
(2) Население районов с уровнями загрязнения от 15 до 40 Ки/км^2 (555 и 1480 кБк/м^2) отселяется на добровольной основе.
(3) Население районов с уровнями загрязнения от 5 до 15 Ки/км^2 (185 и 555 кБк/м^2) может получить высокие дозы облучения различными путями, в том числе через пищевую цепочку, в зависимости от интенсивности поступления в организм радионуклидов.

Верховный Совет БССР решил, что все люди, проживающие в районах с уровнями радиоактивного загрязнения свыше 15 Ки/км^2 (555 кБк/м^2), могут отселяться по желанию. 18 октября 1989 года Академия Наук выступила со своим предложением по концепции безопасного проживания и направила его на рассмотрение в адрес Министерства здравоохранения СССР. В нем говорится:

(1) Любая доза облучения не может считаться полностью безвредной для здоровья.
(2) Для точной оценки ожидаемого риска требуется проведение дальнейших исследований воздействия постоянных малых доз (от 0 до 1000 мЗв в течение жизни) на организм людей и животных.
(3) Дозу облучения в 350 мЗв в течение жизни рекомендуется принять в качестве абсолютного максимума, который ни в коем случае не может быть превышен.
(4) Для людей, проживающих на территориях с радиоактивным загрязнением, но получающих дозу облучения менее 350 мЗв, необходимо предусмотреть целый ряд мер (на основе методов анализа эффективности затрат), в том числе улучшение условий жизни и медицинского обслуживания. Если без введения ограничительных мероприятий нормальная жизнь на этих территориях невозможна, людей следует отселять.
(5) Люди должны иметь информацию о возможных последствиях проживания на загрязненных территориях и планируемых мероприятиях, чтобы иметь возможность самим решать свою судьбу.

В конце 1989 года некоторые из членов Академии Наук БССР предложили принять 70 мЗв за предельную дозу облучения в течение жизни, основываясь на величине 1 мЗв в год в течение 70 лет. Они заявляли, что такой подход в большей степени соответствует рекомендациям МКРЗ и МАГАТЭ. От имени Академии Наук БССР не было внесено каких-либо предложений по дозам. Было сказано лишь о необходимости отселения людей, проживающих на территориях с уровнями радиоактивного загрязнения свыше 15 Ки/км^2 (555 кБк/м^2). В качестве критерия отселения ими был выбран уровень радиоактивного загрязнения, а не доза, полученная в течение жизни. В июле 1990 Верховный Совет БССР принял следующую резолюцию:

— Республика объявляется зоной национального экологического бедствия.
— В 1991 году необходимо завершить отселение людей, проживающих на территориях с радиоактивным загрязнением свыше 15 Ки/км^2 (555 кБк/м^2), запретив промышленное и жилищное строительство в этих районах.
— Необходимо прекратить производство сельскохозяйственных продуктов с уровнями радиоактивного загрязнения, превышающими допустимые значения, вне зависимости от плотности загрязнения сельскохозяйственных угодий.
— Для людей, проживающих на территориях с уровнем загрязнения свыше 1 Ки/км^2 (37 кБк/м^2), должна быть установлена система льгот и компенсаций.

Ученые СССР выразили свое несогласие, заявив, что республика лишила людей возможности выбора. Обязательное отселение должно начаться в 1991 году, однако до этого времени решение может быть изменено.

5.1.3. Концепция двух уровней дозы, полученной в течение жизни

В апреле 1990 года Верховный Совет СССР отказался одобрить предложенный НКРЗ СССР предел 350 мЗв, однако проголосовал за программу чрезвычайных мер на 1990–1992 годы вне зависимости от концепции 350 мЗв. Однако, Министерство здравоохранения СССР не отказалось окончательно от этой концепции. В первоначальном виде концепция дозы 350 мЗв, полученной в течение жизни, находилась на уровне совершения/несовершения действия, т. е. выше этого уровня следовало предпринять действие в форме отселения, а ниже этого уровня совершать действие не было необходимости. В результате появившихся критических замечаний концепция была расширена и приобрела вид системы двух уровней. Этот усовершенствованный вариант включал в себя нижний уровень дозы, полученной в течение жизни, ниже которого совершать действие не следовало. Между нижним и верхним уровнями предполагалось проведение различных мероприятий. Выше верхнего уровня отселение становилось обязательной мерой.

5.1.4. Концепция мощности дозы

В настоящее время создана комиссия, состоящая примерно из 60 членов, под председательством академика С.Т. Беляева. Комиссия создана Советом Министров СССР с целью обзора существующих критериев оценки и рассмотрения возможности развития нового подхода и обосно-

вания взамен концепции дозы облучения, полученной в течение жизни, принадлежащей НКРЗ. Комиссией рассматривается критерий мощности дозы, необходимой для принятия защитных мер, который в качестве концепции включает в себя только будущие, а не прошлые дозы. Концепция мощности дозы также будет представлять собой систему двух уровней. Ожидается также, что комиссия будет разрабатывать концепции риска и приемлемого риска.

5.1.5. Концепция радиоактивного загрязнения поверхности

В апреле 1990 года Верховный Совет СССР представил концепцию радиоактивного загрязнения поверхности в качестве критерия оценки как для отселения, так и для выплаты компенсации. Эта программа предусматривала обязательное отселение людей, проживающих в районах с радиоактивным загрязнением поверхности цезием свыше 40 Ки/км^2 (1480 кБк/м^2). Людям, проживающим в районах с уровнями радиоактивного загрязнения в пределах 15–40 Ки/км^2 (555–1480 кБк/м^2), выплачивается компенсация 30 рублей в месяц, и для них отселение не обязательно. Компенсация 15 рублей в месяц выплачивается людям, проживающим в районах с уровнями радиоактивного загрязнения от 1 до 15 Ки/км^2 (37–555 кБк/м^2), и для них вопрос об отселении не ставится. Точно так же, площади с уровнем радиоактивного загрязнения цезием-137 свыше 15 Ки/км^2 (555 кБк/м^2) определяются как зоны строгого контроля; площади с уровнями радиоактивного загрязнения от 5 до 15 Ки/км^2 (185–555 кБк/м^2) определяются как зоны контроля.

5.2. Политические противоречия

Существующие в СССР противоречия относительно последствий аварии на ЧАЭС возникли на фоне современных политических событий и стали своего рода катализатором этих событий. До середины 1985 года, когда к руководству в СССР пришел М. Горбачев и получила развитие политика гласности и перестройки, вся власть концентрировалась в Центре, т. е. в Москве, и распространение информации жестко регламентировалось.

Небывалые масштабы аварии и ее последствий не только для СССР, но и для всего мира поставили страну в беспрецедентное положение. В ответ на запросы из-за рубежа советские руководители делали краткие, ограниченные заявления. В качестве международных наблюдателей были приглашены представители МАГАТЭ. В августе 1986 года на обзорном заседании, организованном МАГАТЭ, представители СССР выступили с исключительно всеобъемлющим докладом [1] о причинах и последствиях аварии. В сентябре 1986 года Международная консультативная группа по ядерной безопасности (ИНСАГ) МАГАТЭ выпустила доклад, который был по тем временам наиболее достоверным отражением событий аварии [2]. В то время в СССР официальное отношение к аварии было весьма оптимистическим, и считалось, что жизнь в этом районе может вернуться в нормальное русло.

Однако, оглядываясь назад, становится очевидным, что семена теперешних противоречий были посеяны именно тогда. Поскольку прежде дезактивация больших площадей не проводилась, обучаться пришлось в процессе работы. Усилия по возврату эвакуированных в места их прежнего проживания оказались менее успешными, чем предполагалось. Более того, были выявлены новые районы радиоактивного загрязнения, где требовалось проведение дальнейших мероприятий по эвакуации и отселению. Нарушения привычного жизненного уклада людей были настолько велики, что стрессовые условия создавали нездоровую обстановку.

Уже в июле 1986 года были выпущены первые карты различных видов радиоактивного загрязнения изотопами, которые широко использовались руководящими учреждениями и организациями, ответственными за проведение защитных мероприятий как на всесоюзном уровне, так и во всех трех республиках, однако к этим картам не было широкого доступа. В последующие годы проводились масштабные исследования под руководством Госкомгидромета СССР с целью внесения усовершенствований в эти карты. В это же время до сведения общественности были доведены некоторые данные о радиоактивном загрязнении в результате аварии, однако официальные карты, показывающие распространение и степень радиоактивного загрязнения, стали достоянием общественности лишь в марте 1989 года.

Эти обстоятельства были связаны с недостатком знаний у большинства населения о радиации и ее воздействии на человеческий организм. Развитие стратегии уровней вмешательства не могло быть понято широкой общественностью во всесоюзном масштабе. Тенденции в союзных республиках к большей политической независимости от центрального руководства в Москве придали чернобыльской аварии характер главного символа растущего движения в поддержку политических преобразований перестройки. Так, например, позиция советского правительства по отношению к аварии на ЧАЭС стала важным

вопросом во время выборов на Съезд народных депутатов в 1988 году [25].

С продвижением по пути либерализации появилось больше свободы обсуждать самые различные вопросы, в число которых входил и вопрос Чернобыля. Статьи и книги о событиях, связанных с аварией, стали появляться все чаще и чаще. Особенно сильное влияние на общественность имели доклады о распространенных воздействиях на здоровье человека, поскольку знания людей ограничивались мерами гражданской обороны в случае ядерной войны. После того, как в начале 1989 года было объявлено о концепции безопасного проживания, она подверглась ряду критических выступлений, прозвучавших в БССР, РСФСР и УССР. Многие, в том числе и ученые, выразили несогласие с важными положениями концепции. Такие дискуссии поддерживали неуверенность общественности и создавали напряженность.

Причины смятения в обществе не только не исчезали, но и стремительно развивались. Состояние советской экономики продолжало ухудшаться, и улучшения в ближайшие годы не предвидится. Более одного миллиона людей, включая жертв аварии и тех, кто пытался им помочь, оказались в результате аварии в условиях нарушенного жизненного уклада. В результате таких нарушений социальная система в СССР, политические и правовые органы, учреждения здравоохранения работают с большим напряжением. Такие проблемы, связанные с социальной инфраструктурой, серьезно осложняют задачу правительственных чиновников. По-видимому, наивысшей точки общественное внимание и озабоченность достигли во время четвертой годовщины чернобыльской аварии в апреле 1990 года. Этому способствовало и появление в БССР и УССР новых фактов и данных. 25 апреля состоялась пресс-конференция Верховного Совета СССР, на которой в течение длительного времени обсуждались проблемы Чернобыля. Состоялась также прямая трансляция из Москвы первого в СССР телемарафона, в котором эстрадные номера и интервью перемежались с фильмами о спасателях Чернобыля и детях из районов с радиоактивным загрязнением.

Средства массовой информации в СССР сообщали о протестах жителей некоторых наиболее загрязненных районов с требованиями улучшения медицинского обслуживания, защиты от облучения и наказания виновных в предполагаемом сокрытии последствий аварии.

Основная часть программы действий на будущее состоит из мероприятий по медицинской помощи. Центральное правительство планирует строительство четырех миллионов квадратных метров жилья, школ на 35 700 учащихся, клиник для 7300 пациентов и больниц на 2860 коек общей стоимостью 6,5 миллиардов рублей. Общественное мнение в СССР, поддержанное успехом движения реформ в странах Восточной Европы, начало с нарастающей критикой высказываться о программе развития атомной энергетики в СССР. Заместитель директора Института атомной энергии им. И.В. Курчатова, в частности, писал:

> "Общественное мнение стало новым фактором в нашей стране, глубоко затрагивающем энергетическую политику. Стимулом для широкой оппозиции развитию атомной энергетики стала, безусловно, авария на Чернобыльской АЭС. Однако, усиленное внимание, уделяемое экологическим проблемам как составной части демократизации советского общества, привело к тому, что массовые протесты общественности коснулись и широкого спектра энергетических установок, таких, как атомные станции и предприятия ядерного топливного цикла, гидроэлектростанции, комплексы добычи газа и угля, установки по переработке отработавшего топлива и т. д. Тем не менее, "синергетический" эффект аварии на ЧАЭС и общих экологических проблем общества привел к тому, что атомная энергетика "пострадала" больше других отраслей топливно-энергетического комплекса. Нет практически ни одной площадки строительства атомной станции, где местное население не протестовало бы против ее строительства.
>
> При отсутствии опыта создания непредвзятого общественного мнения советские специалисты, убежденные в отсутствии альтернатив атомной энергетике и в необходимости контроля со стороны общественности за потенциально опасными современными технологиями, оказались в сложном положении" (см. [25]).

5.3. Обращение СССР за помощью в МАГАТЭ

В сложившейся ситуации советское правительство решило обратиться за помощью к мировому сообществу. В 1989 году было решено пригласить независимых экспертов из других стран и международных организаций с целью изучения обстановки и выдачи рекомендаций. Группа работников ВОЗ была послана в 1989 году; группа Международного Красного Креста прибыла в начале 1990 года (см. Часть А). В конце 1989 года Правительство Советского

Союза обратилось в МАГАТЭ с просьбой выступить в роли координатора по вопросам организации и осуществления проекта международной оценки "концепции, которая была разработана в Советском Союзе с целью дать населению возможность безопасного проживания на территориях с радиоактивной загрязненностью в результате аварии на Чернобыльской АЭС, а также оценки эффективности шагов, предпринятых в этих районах, в сфере обеспечения здоровья людей."

В ответ на запрос Советского Союза в Москве 7–9 февраля 1990 года состоялось совещание официальных представителей СССР, БССР, УССР и МАГАТЭ. В повестке дня стоял вопрос о выработке плана действий для выполнения такой оценки. 25–30 марта международная группа по подготовке проекта в составе экспертов из Австрии, Японии, США, Комиссии Европейских Сообществ (КЕС), ВОЗ, ФАО и МАГАТЭ побывала на загрязненных территориях и разработала первый вариант плана проекта, руководствуясь полученной информацией.

Эта поездка дала группе, которую возглавляли представители МАГАТЭ, возможность ознакомиться с обстановкой в загрязненных районах, мнением населения и приступить к количественному и качественному анализу данных, собранных за последние четыре года. Участникам группы стал ясен объем собранной информации. Однако, эта информация была собрана в различных районах, часто была противоречивой и случайной. Вопросы, которые задавались экспертам МАГАТЭ, говорили о высокой степени опасения людей за здоровье детей. Население задавало вопросы о состоятельности ограничения дозы 350 мЗв, полученной в течение жизни, независимости проводимой оценки и доступности результатов оценки для населения. (см. Приложение II, "Вопросы, задававшиеся экспертам".)

Одним из первых результатов поездки экспертов стало обеспечение нескольких тысяч человек в семи населенных пунктах индивидуальными дозиметрами. Кроме того, при помощи переносных установок СИЧ были проведены выборочные проверки уровня поглощения цезия-137, что помогло определить действительные уровни внутренних доз облучения. Для определения атмосферных концентраций повторно взвешенных радиоактивных частиц использовались стационарные заборники проб воздуха. Были организованы семинары, на которых можно было задавать вопросы, и есть надежда, что такие встречи с медицинскими работниками помогут им более квалифицированно отвечать на вопросы пациентов. Среди населения были распространены информационные брошюры о заболеваниях щитовидной железы.

Литература

[1] USSR STATE COMMITTEE ON THE UTILIZATION OF ATOMIC ENERGY, The Accident at the Chernobyl Nuclear Power Plant and Its Consequences, Parts I and II (information compiled for the IAEA Experts Meeting, Vienna, 25–29 Aug. 1986) (1986).

[2] INTERNATIONAL NUCLEAR SAFETY ADVISORY GROUP, Summary Report on the Post-Accident Review Meeting on the Chernobyl Accident, Safety Series No. 75-INSAG-1, IAEA, Vienna (1986).

[3] MEDVEDEV, G., The Truth about Chernobyl, Basic Books, New York (1991).

[4] SHCHERBAK, I., Chernobyl: A Documentary Story, Macmillan, London and New York (1989).

[5] MEDVEDEV, Zh., The Legacy of Chernobyl, Norton, New York and London (1990).

[6] MEDVEDEV, Yu., "Power without responsibility" (interview with A. Kovalenko), Science and Technology, Arguments and Facts **4** (1990) 15–16.

[7] C'est mon devoir de raconter tout ce qui s'est passé, Legasov's memoirs, Pravda, No. 141 (25493) (May 20 1988) 3 (French translation).

[8] IVANOV, B., Chernobyl, Parts 1–4, Grazhdanskaya Oborona (Civil Defence), Moscow (1988) (in Russian).

[9] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Medical Aspects of the Chernobyl Accident, IAEA-TECDOC-516, Vienna (1989).

[10] UNITED NATIONS, Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation (Report to the General Assembly), Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR), UN, New York (1988).

[11] MOULD, R., Chernobyl: The Real Story, Pergamon Press, Oxford and New York (1988).

[12] ASMOLOV, V.G., et al., "The accident at the Chernobyl nuclear power plant: one year after", Nuclear Power Performance and Safety (Proc. Conf. Vienna, 1987), Vol. 3, IAEA, Vienna (1988) 103.

[13] IL'IN, L.A., et al., "Health problems in the USSR following the Chernobyl accident: Need for international collaboration", paper presented at WHO Scientific Advisory Committee Meeting on the International Programme on the Health Effects of the Chernobyl Accident, Hiroshima, October 1990.

[14] MARPLES, D., RISOVANNY, Y., Revelations of a Chernobyl insider, Bull. At. Sci. **46** (1990) 10.

[15] IZRAEL, Yu.A., et al., Modelling of the Transport and Fallout of Radionuclides from the Accident at the Chernobyl Nuclear Power Plant, USSR State Committee on Hydrometeorology, Moscow (1989).

[16] IL'IN, L.A., et al., Radiocontamination patterns and possible health consequences of the accident at the Chernobyl nuclear power plant, Radiol. Prot. Bull. **10** (1990) 3–29.

[17] APSIMON, H., et al., Analysis of the dispersal and disposition of radionuclides from Chernobyl across Europe, Proc. R. Soc. London **425** 1869 (1989) 245–483.

[18] COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE, L'Accident de Tchernobyl, Rep. IPSN 2/86 Rev. 3, CEA, Paris (1986).

[19] PERSSON, C., et al., The Chernobyl accident — A meteorological analysis of how radionuclides reached and were deposited in Sweden, Ambio **16** (1987) 1.

[20] KIRCHMANN, R., Agricultural Countermeasures Taken in the Chernobyl Region and Evaluation of the Results, International Union of Radioecologists (1990).

[21] STATE AGRO-INDUSTRIAL COMMITTEE OF THE USSR, Guides on Agricultural Works under Conditions of Radioactive Contamination of Part of the Territories of the Russian SFSR, the Ukrainian SSR and the Byelorussian SSR for the Period 1988 to 1990, Moscow (1990).

[22] IVANOV, S.I., Personal communication, 1991.

[23] DUSHUTIN, K.K., "The results of medical research in the 30 km zone of the Chernobyl nuclear power plant", paper presented at Luxembourg Conference, 1990.

[24] LIKHTAREV, I.A., et al., "Radioactive iodine concentrations in elements of the environment and evaluation of exposure doses to the thyroid among inhabitants of Kiev after the Chernobyl accident", Environmental Contamination Following a Major Nuclear Accident (Proc. Symp. Vienna, 1989), Vol. 2, IAEA, Vienna (1990) 351.

[25] PONOMAREV-STEPNOY, N.N., GAGARINSKII, A. Yu., "Nuclear power in the USSR: status, prospects, public opinion", paper presented at the 7th Pacific Basin Nuclear Conf., San Diego, March 1990.

Часть Г
Загрязнение окружающей среды

Содержание

1. Введение 135
   1.1. Цели 135
   1.2. Методология 135

2. Обзор советских данных и методов оценки загрязнения окружающей среды 136
   2.1. База данных 136
   2.2. Методы отбора проб и контроль за продуктами питания 138
   2.3. Оборудование и методы 140
   2.4. Советская методология картографирования участков загрязнения окружающей среды .. 142
   2.5. Проведение взаимных сравнений полученных результатов анализа проб 143

3. Независимая оценка загрязнения окружающей среды и карт выпадения радиоактивных осадков в выбранных населенных пунктах 150
   3.1. Исследования в Новозыбкове (РСФСР) 150
   3.2. Исследования, проведенные в Брагине (БССР), Полесском и Далете (УССР) 161
   3.3. Исследования в контрольных населенных пунктах 182
   3.4. Профили мощности доз, измеренные вдоль дорог в Гомельской области, БССР 200
   3.5. Уровни загрязнения радионуклидами в экосистемах почва–трава–молоко 200
   3.6. Оценка состояния окружающей среды с использованием биоиндикаторов 205
   3.7. Программа отбора проб воды 209
   3.8. Программа отбора проб почвы и растительности 219
   3.9. Программа отбора проб воздуха 222
   3.10. Программа отбора проб пищевых продуктов 223

4. Обсуждение результатов деятельности по подтверждению советских данных о загрязнении окружающей среды 224
   4.1. Результаты анализа баз данных, методов отбора проб, аналитических методов, контрольно-измерительных приборов и методов составления карт 224
   4.2. Результаты взаимного сравнения 226
   4.3. Результаты независимых оценок состояния окружающей среды 227

Литература 229

Приложение 1. Наиболее распространенные методы отбора проб при оценке выпадения радионуклидов в СССР в результате аварии на Чернобыльской АЭС 230

Приложение 2. Организации, которые посетили международные эксперты для оценки методов отбора проб, аналитических методов и измерительных средств, применяемых в обычной лабораторной работе, а также методики составления карт 232

Приложение 3. Обзор оборудования, методов калибровки приборов и контроля за качеством, используемых в большинстве лабораторий, которые посетили международные эксперты 233

Приложение 4. Список советских организаций, в которые в июне 1990 года были направлены пробы для сравнительного анализа 237

Приложение 5. Список советских организаций, в которые в октябре 1990 года были направлены пробы для сравнительного анализа 238

Приложение 6. Советские организации, ответственные за подготовку материалов для проведения интеркалибровки 240

1. Введение

Основой для оценки доз облучения, полученных населением в результате выброса радиоактивности в окружающую среду, оценки возможного воздействия полученных доз на здоровье и, наконец, оценки проведенных мероприятий по защите населения является измерение уровня радиоактивного загрязнения окружающей среды после такого выброса.

После аварии на Чернобыльской АЭС 26 апреля 1986 года несколько советских научно-исследовательских и надзорных организаций занимались проведением тщательной оценки радиоактивности на месте, а также экологическим моделированием различных радиологических параметров среды. Оценка была направлена на проверку измерений содержания основных радионуклидов в окружающей среде, а именно: цезия-134, цезия-137, стронция-90 и плутония, а также "горячих" частиц. Во время визитов международных экспертов была высказана просьба ко всем институтам союзного значения, занятым координацией сбора данных по чернобыльской аварии, передать информацию о загрязнении окружающей среды. Во время посещения головных институтов, которые выполняли основную работу по этой тематике в УССР, РСФСР, БССР и СССР, была также высказана просьба предоставить официальные и неофициальные данные.

В СССР данные о загрязнении окружающей среды в основном даются в виде карт. Поэтому основной задачей группы экспертов было проверить данные, представленные на этих картах.

1.1. Цели

Цель настоящей задачи состояла в проверке официальных и неофициальных данных о загрязнении радионуклидами почвы, воды и воздуха в БССР, РСФСР, УССР и СССР, которые пострадали от чернобыльской аварии. В частности, было необходимо проверить данные, представленные на картах. Порядок выполнения настоящей задачи был согласован и выработан во время заседаний Международного консультативного комитета (МКК) в Москве, Киеве и Минске в апреле 1990 года.

1.2. Методология

Принимая во внимание, что от выпадения радиоактивных осадков пострадали большие территории и что численность населения, проживающего на них, велика, а также учитывая нехватку времени и ограниченные возможности, было решено, что невозможно повторить проведение измерений, выполненных советскими организациями с 1986 года. Поэтому был выбран следующий метод. Он основывается на том, что, если проверять основные советские официальные данные радиационного воздействия на окружающую среду, то целесообразно экстраполировать проверенные данные на общее состояние окружающей среды. Метод включает в себя: (а) оценку данных по окружающей среде и методов, которые использовались для оценки загрязнения окружающей среды в СССР и (б) независимую проверку советских данных по окружающей среде и картам загрязнения в результате полевых измерений в отдельных выбранных местах.

Группы международных экспертов, посещавшие институты и лаборатории, знакомились с (1) методами отбора проб, применяющихся в поле и в лабораториях; (2) приборными и аналитическими методами, используемыми для определения содержания радионуклидов в образцах и (3) программами обеспечения качества, используемыми советскими научными организациями в лабораториях, выполняющих анализы. Помимо этого было проведено взаимное сравнение образцов лабораториями МАГАТЭ (RIAL-лабораторией физики, химии и приборов) в Зайберсдорфе.

Независимая проверка советских данных об окружающей среде и картах ее загрязнения проводилась группами независимых международных экспертов, которые обследовали отобранные радиационные и экологические параметры в отдельных местах в БССР, РСФСР и УССР.

Были запрошены официальные и неофициальные данные по следующим географическим районам: (1) БССР; (2) северные районы УССР и (3) центральный экономический район РСФСР. Хотя на нескольких совещаниях на начальном этапе советские коллеги неоднократно ссылались на неофициальные данные, эти данные экспертам не были представлены.

Группы международных экспертов посетили БССР, УССР, РСФСР и СССР для получения образцов окружающей среды. Данные анализа этих проб будут использованы при осуществлении задач проверки. В ряде случаев было невозможно собрать полную информацию в каждом месте посещения, в то время как в ряде других случаев эти группы смогли собрать больше данных, чем было необходимо для выполнения нас-

тоящей задачи. Результаты каждого визита использовались для выполнения настоящей задачи и будут изложены в данном докладе. Отдельно собранные данные, которые не используются непосредственно в проверке советских данных, также включены в настоящий раздел в качестве дополнительной информации о масштабах загрязнения окружающей среды в СССР.

2. Обзор советских данных и методов оценки загрязнения окружающей среды

Официальные советские данные были предоставлены Государственным Комитетом СССР по гидрометеорологии (Госкомгидромет) в виде: (а) карт загрязнения цезием-137, стронцием-90 и плутонием и (б) перечнями средних значений загрязнения для населенных пунктов БССР, РСФСР и УССР (Приложение 1 к Части Г). В табл. 1 представлены суммированные официальные данные по поверхностной активности для отдельных населенных пунктов.

Первыми шагами по проверке данных об окружающей среде были: (1) знакомство с действующей системой баз данных; (2) оценка достоверности данных, включаемых в базы данных, путем оценки используемых методов отбора проб, аналитических методов и приборов и (3) проведение взаимного сравнения, в котором участвовали те лаборатории, которые предоставляют основную массу данных по загрязнению окружающей среды в БССР, РСФСР, УССР и СССР. Для проверки карт загрязнения было очень важно изучить исходные данные и методы, с помощью которых составлялись карты по данным о загрязнении. Эта работа проводилась на всесоюзном уровне в Институте экспериментальной гидрометеорологии, Обнинск, СССР.

2.1. Базы данных

В тех районах, которые наиболее всего пострадали от радиоактивных выпадений, Государственный Комитет СССР по гидрометеорологии, Министерство обороны СССР, Государственный агропромышленный комплекс (Агропром) и Министерство здравоохранения СССР собрали большое количество данных. Эта информация была обработана соответствующими институтами и хранится в предназначенных для них базах данных. В течение последних нескольких лет некоторые институты частично опубликовали данные и карты, касающиеся уровней загрязнения окружающей среды в БССР, РСФСР и УССР [1–4].

В СССР сбор радиационных данных для контроля за уровнями радионуклидов в окружающей среде и продовольственных продуктах в связи с чернобыльской аварией организован на союзном, республиканском и региональном уровнях. Например, Министерство здравоохранения СССР, Государственный Комитет СССР по гидрометеорологии, Государственный Комитет СССР по стандартам и Государственный Комитет по использованию атомной энергии СССР имеют соответсвующих партнеров в республиках. Это также применимо к Всесоюзному научно-исследовательскому институту сельскохозяйственной радиологии (Обнинск) и Ленинградскому научно-исследовательскому институту радиационной гигиены. На региональном уровне причастные к этим работам институты имеют научно-исследовательские, сельскохозяйственные и ветеринарные лаборатории и государственные эпидемиологические станции санитарного надзора.

Теоретически данные региональных институтов поступают через республиканские институты во всесоюзные институты. На практике в большинстве случаев это так и есть, однако некоторые институты собирают данные, которые не передаются никому. Следовательно, некоторые данные не были использованы советскими компетентными органами при подготовке официальных карт загрязнения.

В масштабе республик эти данные ежедневно поступают из различных полевых лабораторий, экспериментальных хозяйств и других источников. Затем эта информация передается в центральную базу данных (БД) в Москве и ежедневно регистрируется Государственным Комитетом СССР по гидрометеорологии. В дополнение к этому каждая республика имеет свою БД, куда поступает информация из различных организаций.

Проводится постоянный обмен информацией между институтами и республиканскими БД. Однако объем информации, поступающей из Госкомгидромета СССР в республиканские институты, ограничен. В результате этого важную

Таблица 1

Характерные статистические параметры официальных советских данных поверхностной активности в различных населенных пунктах. *[Источник: В. Борзилов]*

Населенный пункт	Кол-во измерений	Значения: Среднее	Медиана	Мода	Среднее геометрическое	Среднее отклонение	Среднее квадратическое отклонение	Квадратическая ошибка	Мин.	Макс.
(а) Поверхностная активность по цезию-137 (Ки/км^2)[a]										
Маложин	21	1,43	1,2	1,2	1,1	0,87	0,93	0,21	0,03	3,85
Гдень	22	3,04	3	3	2,71	1,89	1,37	0,29	0,88	6
Брагин	51	21,81	11,9	11,9	12,57	399,20	19,97	2,79	0,13	67
Микуличи	18	21,76	17,25	17	18,64	161,60	12,71	3,00	5	45
Двор-Савичи	25	5,04	4,9	4,9	4,76	2,67	1,54	0,33	1,8	8,5
Комарин	101	4,21	3,2	2	3,24	17,49	4,18	0,42	0,14	37
Старые Бобовичи	34	29,67	25,15	25	27,91	117,43	10,82	1,82	11,9	56,2
Новые Бобовичи	79	28,27	26,70	25,8	27,07	59,10	7,69	0,86	3,64	56,84
Гатка	9	23,42	22,2	27,6	23,12	15,22	3,90	1,30	18,05	27,6
Святск	25	39,15	38,1	16	32,25	424,35	20,60	4,12	6	71,1
Новозыбков	133	18,25	17,34	24	16,67	58,73	7,66	0,66	4,81	44,24
Далета	3	2,33	2,2	2,2	2,32	0,10	0,32	0,18	2,1	2,7
Ракитное	9	5,17	4	3,6	4,87	4,00	2,00	0,67	3,5	3,5
Корчевка	7	2,47	2,5	2,5	2,25	0,99	0,99	0,38	0,87	3,8
Словечно	3	1,13	1,3	1,3	0,79	0,74	0,86	0,50	0,2	1,9
Овруч	103	3,2	2,6	1,8	2,4	6,2	2,5	0,2	0,2	15
Полесское	509	33,8	33	41	25,2	424,3	20,6	0,9	0,3	112,3
(б) Поверхностная активность по стронцию-90 (Ки/км^2)[a]										
Новые Бобовичи	2	0,68							0,50	0,86
Новозыбков	13	0,32							0,10	0,65
Святск	3	0,55							0,30	0,70
Старые Бобовичи	2	0,71							0,55	0,86
Гдень	27	1,40							0,20	5,80
Маложин	19	0,47							0,09	1,51
Микуличи	7	1,03							0,56	2,21
Брагин	44	1,99							0,16	5,80
Комарин	29	1,00							0,10	2,04
Овруч	3	0,78							0,12	1,92
Савичи	21	1,32							0,44	3,80
Овруч	3	0,78							0,12	1,92
Полесское	51	1,41							0,09	4,40

[a] 1 Ки = 37 ГБк.

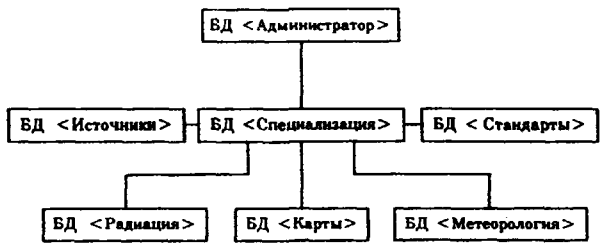


Рис. 1. Схема интегрального радиоэкологического банка данных (ИРБД), Институт кибернетики им. Глушкова, Киев, для данных по чернобыльской аварии (БД: база данных). [Источник: Н. Лимич]

информацию, получаемую на союзном уровне, (например, результаты проводимых раз в два года радиометрических измерений с помощью авиации в загрязненных районах каждой республики) Госкомгидромет СССР не обязан передавать в республиканские БД.

Схема республиканской базы данных в УССР, интегрального банка радиоэкологических данных (ИБРД) в Институте кибернетики им. Глушкова, приводится на рис. 1 [5]. В УССР ИБРД является центральной базой данных, связанных с последствиями аварии на Чернобыльской АЭС. БД "Администратор" зарезервирована для списка пользователей, кодов и приоритетов. БД "Источники", "Классификация" и "Стандарты" предназначены для пользователей ИБРД.

Информация о дозах и картографии различных физико-химических данных интересующего географического региона, вместе с метеорологическими, геохимическими и геологическими данными, может храниться и вызываться для пользователя. В настоящее время ИБРД содержит около 50 000 записей. Нет никакой информации об оценке ошибок, связанных с этими данными. Неясно, какие методы обеспечения качества использовались (лабораториями и составителями базы данных) при введении данных в базу. Ограниченная информация была предоставлена о том, какие взаимные сравнения были проведены в СССР в прошлом [6].

2.2. Методы отбора проб и контроль за продуктами питания

Отбор "представительных" проб почв, воздуха, растительности и продуктов питания является одним из ключевых элементов правильной оценки радиоактивного загрязнения окружающей среды в данном районе. Даже последующие сложные аналитические методы не могут компенсировать применение неправильных методов отбора проб. Состояние окружающей среды, явившееся результатом выпадения радионуклидов после аварии на Чернобыльской АЭС, осложняется крайне неоднородным выпадением радионуклидов в загрязненных районах. Поэтому в СССР были разработаны особые методы отбора следующих проб [7, 8]:

— проб почв из районов с ненарушенной почвой (в населенных районах с естественным ландшафтом) сельскохозяйственных невспаханных районов;
— проб растительности, молока и мяса;
— проб источников воды и грунтовых вод;
— проб воздуха.

Краткое описание и рассмотрение каждого метода, использовавшегося для отбора проб в пострадавших от аварии районах, представляется следующим образом.

Отбор проб в районах с ненарушенной почвой

— Проверка наличия "горячего пятна" в проверяемом районе определяется многократными измерениями мощности гамма-дозы. Если получены положительные результаты, данный район считается непригодным для отбора проб и выбирается новый район.
— Если результаты этих измерений отрицательны, то проводятся многократные измерения мощности дозы гамма-излучения, чтобы определить места, где можно проводить отбор проб.
— Когда подходящее место выбрано, проводится отбор от одной до шести проб в обследуемом районе для получения представительного образца для данного района.

Более подробное описание порядка отбора проб в районах с ненарушенной почвой приводится в Приложении 1.

Отбор сельскохозяйственных проб (районы с вспаханной почвой)

— Производится отбор смешанных проб почвы во время посева или посадки и перед сбором урожая отдельных культур.
— Дополнительные пробы почвы берутся с "однотипных участков" (понятие не определено), где выращивается только одна культура.

Подробное описание дается в Приложении 1.

Данные, полученные с помощью вышеуказанных методов отбора проб почвы, могут быть использованы для достоверного отражения картины выпадений, например, составления официальных карт выпадений (в масштабе 1:500 000). Районы, в которых зарегистрировано наличие "горячих пятен" [1], обследуются и устанавливаются их границы. Если соблюдается это правило, то "горячие пятна" не оказывают существенного влияния на среднюю дозу облучения в рассматриваемом районе. Поэтому, данный метод можно считать пригодным для комплексного описания средней ситуации облучения в меньшем масштабе, исключая при этом районы с "горячими пятнами". Места с "горячими пятнами" не приводятся в советских таблицах выпадений радиоактивности и не рассматриваются при расчетах средних значений этих выпадений.

Отбор проб растительности

Отбор проб растительности проводится одновременно с отбором проб почв с помощью метода "конверта" для получения смешанной представительной пробы. Метод соответствует своему назначению. Подробное его описание приводится в Приложении 1.

Отбор проб молока

Молоко из общественного сектора перед переработкой на молокозаводах или на молочных фермах проверяется на содержание цезия. Для этого в цистерны для перевозки молока опускают NaI-детектор в форме щупа, подключенный к калиброванному детектору. Затем берутся пробы свежего молока на лабораторный спектрометрический анализ. Если ошибка при такой проверке равна менее 50%, как было сообщено экспертам (калибровочные данные не были представлены), этот метод проверки, вместе с последующим лабораторным анализом свежего молока, способен дать представительное значение загрязнения молока в молочной цистерне.

Такой метод может использоваться лишь тогда, когда нижний уровень обнаружения (~ 37 Бк/л) ниже, чем принятые для молока предельно допустимые концентрации радионуклидов. В Белоруссии этим методом пользоваться нельзя, поскольку там предел обнаружения выше установленного предела содержания радиоактивности в молоке при его потреблении. Подробности метода излагаются в Приложении 1.

Отбор проб мяса

Перед тем как поступить к потребителю, мясо, произведенное на ферме, проходит четыре вида контроля:

— животных, отобранных в колхозах для бойни, проверяют на содержание радиоактивности в организме;
— на мясокомбинатах берутся выборочные пробы переработанного мяса;
— на поточной линии проводится контроль каждого куска мяса;
— государственная санитарно-эпидемиологическая служба берет выборочные пробы готовой продукции в магазинах.

Подробное описание методики дается в Приложении 1. Описанная выше многоступенчатая система проверки, отбора проб и анализа представляет собой комплексную систему контроля за содержанием радионуклидов в мясе.

Отбор проб поверхностных и грунтовых вод

Пробы воды, отбираемые для определения содержания стронция-90 и цезия-137, отбираются, подготавливаются и проходят лабораторный анализ в соответствии с инструкциями Государственного Комитета СССР по гидрометеорологии, обновленными в марте 1989 года [8]. Контроль загрязнения рек и водоемов в пострадавших районах и по всему руслу реки Днепр проводится регулярно и тщательно. Для этой цели имеется хорошо оборудованное научное судно, оснащенное средствами отбора проб воды и донных отложений. Кроме того, начата программа отбора проб грунтовых вод. Были отмечены недостатки в подготовке и анализе проб, которые потенциально могут привести к завышению фактических значений концентрации радионуклидов в жидкой фазе.

Отбор проб воздуха

Пробы воздуха, как было сообщено, отбираются, подготавливаются и проходят анализ в соответствии с рекомендациями Государственного Комитета СССР по гидрометеорологии, подготовленными в марте 1989 года [8].

[1] Определяются как места площадью ≤ 30 м^2 и мощностью гамма-дозы в три или более раз выше, чем среднее значение для данного населенного пункта [6].

2.3. Оборудование и методы

Документация по методам проведения анализа содержания радионуклидов в осадках, выпавших в результате чернобыльской аварии, была представлена международным экспертам [8–13]. Перечень институтов, выбранных организаторами визитов в СССР для посещения, приводится в Приложении 2. В их число входили как небольшие лаборатории, так и крупные научные центры. В рамках настоящего Проекта важно указать на значение вклада каждого из описываемого ниже институтов в официальные советские базы данных, которые использовались для определения степени загрязнения окружающей среды.

В настоящем разделе обсуждаются возможности проведения аналитических работ в основных институтах, которые посетили эксперты. В соответствии со сложившейся научной практикой результаты этих визитов представлены только в кодированной форме.

2.3.1. Институт А, РСФСР

Специализация: за период с 1986 года был проведен анализ приблизительно 50 000 проб (гамма-спектрометрия), 5000 проб на содержание стронция-90 и 500 проб на содержание плутония.

2.3.1.1. Лаборатория отбора и анализа проб воздуха и почвы

Для составления карт радиационных полей используются детекторы мощности доз на базе счетчиков Гейгера-Мюллера. Результаты, полученные с помощью NaI-детектора, в два раза лучше показаний, полученных при помощи счетчика Гейгера-Мюллера. Для проведения анализа содержания цезия-137, цезия-134 и плутония используется гамма- и бета-спектрометрия.

Все оборудование находится в хорошем состоянии, стандарты пригодны для счетной геометрии. Хорошо ведется документация по проведению калибровок. Хорошо организовано определение принадлежности проб.

2.3.1.2. Отдел радиохимического анализа и лаборатория измерения концентрации радионуклидов

Методы радиохимического разделения, используемые для определения содержания стронция-90 и плутония, приемлемы. Однако метод растворения образцов может не соответствовать требованиям, поскольку применяемый способ выщелачивания кислотой не обеспечивает полное растворение окислов тугоплавких металлов (например, плутония, циркония, ниобия и теллура). Это может привести к плохому восстановлению плутония и стронция. Однако, как было сообщено, метод прошел проверку в советских лабораториях и показал степень восстановления, равную $\leq 90\%$.

Обращение с образцами и контроль возможного загрязнения при передаче образцов из одной лаборатории в другую не соотвествуют нормам. Поскольку с образцами обращаются плохо (работа с ними, хранение), образцы существенно отличаются, формуляры на них ведутся нерегулярно, существует возможность загрязнения одного образца другим, а это в настоящее время не определяется.

2.3.1.3. Лаборатория анализа проб воды

Отбор и подготовка проб, а также аналитические методы определения концентрации радионуклидов цезия-137 и стронция-90 проводятся в соотвествии с официальными рекомендациями [8]. Лаборатория хорошо оборудована альфа-, бета- и гамма-спектрометрами и жидкими сцинтилляционными счетчиками. Необходимо пересмотреть методы отбора проб грунтовых вод и их обработки, чтобы исключить возможность их взаимного загрязнения. Более подробная информация приводится в Приложении 3.

2.3.2. Институт Б, РСФСР

Специализация: обеспечение отдельных совхозов, колхозов и сельскохозяйственных районов радиационными картами, проведение радиоэкологических исследований и разработка рекомендаций для ведения сельскохозяйственных работ в пострадавших районах.

2.3.2.1. Радиометрическая лаборатория

Лаборатория проводит измерения содержания цезия, плутония и стронция-90 в сельскохозяйственных продуктах, пробах почвы и растений, используя для этого:

— гамма-спектрометры (NaI(Tl), германиевые детекторы высокой чистоты;
— альфа- и бета-спектрометры.

Калибровка и определение эффективности NaI(Tl)-детекторов организованы неоптимально, поскольку применяются цезиевые стандарты с плотностью, равной единице. Отсутствуют поправки на поглощение.

Что касается детекторов на сверхчистом германии, не делается поправок на суммарную погрешность при оценке эффективности калибровки при использовании эталона европий-152. Записей о проведении регулярных мероприятий по контролю качества не имеется. В основном альфа-спектрометр используется для счета общего излучения альфа-частиц в пробах, содержащих плутоний, вследствие его низкой разрешающей способности. В целом, приборы находятся в рабочем состоянии, кроме трех неисправных гамма-спектрометров, требующих ремонта. В лаборатории отсутствует контроль за загрязнением. Формуляры на пробы ведутся нерегулярно. Так в этой лаборатории используются те же самые методы растворения проб и анализа на содержание стронция-90 и плутония, которые используются в институте А; данные по стронцию и плутонию вызывают определенное недоверие. Подробная информация приводится в Приложении 3.

2.3.3. Институт В, УССР

Специализация: предоставление данных для радиологической карты 30-километровой зоны.

2.3.3.1. Лаборатория проведения анализов радиоактивных элементов

Лаборатория ориентирована на научно-исследовательскую работу и изучает уровни содержания цезия, плутония и стронция в почве, распределение "горячих" частиц в окружающей среде и поглощение радионуклидов растениями. Основные используемые методы: альфа- и гамма-спектрометрия, рентгеноспектральный флуоресцентный анализ (возбуждаемое фотонами рентгеновское излучение) и регистрация альфа- и бета-частиц пропорциональными счетчиками.

Использование экранированного детектора мощности доз для модифицированного метода отбора проб является усовершенствованием в том смысле, что он дает более представительные данные о действительном распределении активности в сравнении с результатами, получаемыми в случае использования неэкранированного детектора мощности доз. Обращение с образцами при проведении гамма-спектрометрического анализа поставлено хорошо и ведется соответствующая документация.

Не представляется возможным удовлетворительно оценить проведение радиохимических анализов в связи с ограниченным объемом информации относительно методов отбора проб и подробного знакомства с результатами аналитических методов, а также отказом предоставить образцы для взаимного сравнения во время посещения лабораторий.

2.3.3.2. Экологические лаборатории

Эти лаборатории уделяют особое внимание исследованиям в области экологии, радиобиологии и сельского хозяйства.

В лабораториях используются гамма- и альфа-спектрометры. Для регулярной калибровки приборов используются стандарты, поставляемые извне или изготовляемые в самой лаборатории. Анализ на содержание радионуклидов проводится на пробах почвы, воды, продуктов питания и растительности. Все пробы проверяются на наличие в них "горячих" частиц и проходят радиохимический анализ на содержание стронция-90 и плутония, если "горячих" частиц не было обнаружено. Все оборудование находится в хорошем рабочем состоянии.

Загрязнение в помещениях этих лабораторий вызывает меньше беспокойства, чем в лабораториях институтов А и Б, благодаря правильному обращению с пробами. Достоверность данных по стронцию и плутонию неоднозначна из-за неправильного растворения материала проб (подробности см. в разделе 2.3.1). Регулярно проводимая проверка на "горячие" частицы и взаимное соответствие результатов гамма-спектрометрического и радиохимического анализов дает основания считать эти данные более достоверными. Более подробная информация приводится в Приложении 3.

2.3.4. Институт Г, УССР

Специализация: сделан анализ приблизительно 600 000 проб с 1986 года.

Основная выполненная работа включала в себя изучение:

— физико-химических характеристик выпавшей на пахотные земли радиоактивности; поведения радионуклидов в почве, растительности и организме животных;
— переноса радиоактивных выпадений ветром и водной средой;
— составление карт распределения "горячих" частиц, стронция-90 и плутония.

Для этой цели используются альфа- и гамма-спектрометрия.

Лаборатории содержатся в хорошем состоянии, что указывает в целом на исключительно высокий уровень организации работ. Более подробные сведения о лаборатории содержатся в Приложении 3.

2.3.5. Институт Д, БССР

Специализация: гамма-спектрометрический анализ до 18 000 образцов в год; анализ содержания плутония выполнен приблизительно на 1500 образцах с 1987 года.

2.3.5.1. Радиоэкологическая лаборатория

В лаборатории в основном используются гамма-спектрометрические методы для анализа проб почвы на содержание цезия-137 и цезия-134. Отсутствие соответствующих калибровочных стандартов может привести к ошибкам в оценке фактического содержания радионуклидов в отдельно взятой пробе.

2.3.5.2. Лаборатория дозиметрического и радиометрического контроля

Выделение плутония и стронция, а также измерение их содержания проводятся на пробах, взятых в окружающей среде, на высоком профессиональном уровне с использованием принятых в международном сообществе аналитических методов. Отсутствие в достаточном количестве необходимых современных приборов и оборудования (напр., персональных компьютеров и гамма-спектрометров) приводит к необходимости частично выполнять описание спектров вручную и отправлять пробы из лабораторий Гомеля, Бреста и Могилева на анализ в Минск. Более подробная информация приводится в Приложении 3.

2.3.6. Институт Е, УССР

Специализация: оценка риска радиоактивного загрязнения грунтовых вод.

2.3.6.1. Изотопная лаборатория

В лаборатории используется альфа-, бета- и гамма-спектрометрия для измерения содержания в образцах изотопов цезия-137, стронция-90 и плутония. Все оборудование старое и требует замены на более современное. Трудности в работе лаборатории очевидны из-за несоответствия программ обеспечения качества. Более подробная информация содержится в Приложении 3.

2.3.7. Институт Ж, УССР

Специализация: в институте проводятся исследования геохимических характеристик поведения радионуклидов в поверхностных и грунтовых водах.

Альфа- и гамма-спектрометры, а также бета- и жидкие сцинтилляционные счетчики используются вместе с радиохимическими методами для измерения содержания плутония, стронция и гамма-излучателей. Институт ориентирован главным образом на проведение научно-исследовательских работ. Нет никакой информации об имеющихся программах обеспечения качества. Более подробная информация приводится в Приложении 3.

2.3.8. Институт З, УССР

Специализация: институт занимается изучением динамики загрязнения радионуклидами рек и Днепровского каскада водохранилищ с 1986 года.

В институте имеется научное судно для отбора проб воды и донных отложений. В настоящее время анализ проб воды проводится научно-промышленным объединением "Тайфун", расположенным в Обнинске. Очевидны трудности, связанные с возможностью взаимного загрязнения образцов. Более подробная информация приводится в Приложении 3.

2.4. Советская методология картографирования участков загрязнения окружающей среды

Членам международной группы экспертов не были предоставлены печатные технические материалы, в которых описывается методология составления карт радиационных полей в окружающей среде. Поэтому этот раздел в докладе в значительной степени основывается на материалах личных бесед международных экспертов с советскими специалистами во время посещений Всесоюзного научно-исследовательского института сельскохозяйственной радиологии (Обнинск), Института экспериментальной метеорологии (Обнинск), Института кибернетики им. Глуш-

кова и Специального бюро машин и систем (Киев).

Сразу после аварии первые радиометрические обследования проводились с помощью самолетов, на которых были установлены гамма-спектрометры. На этом первом этапе пространственная разрешающая способность крупномасштабного картографирования пострадавших районов с вероятными радиоактивными осадками (“весь регион”) определялась как 5–10 км между линиями сетки при картографировании. Информации о методах проведения калибрования экспертам не была предоставлена.

В последующем советские вертолеты, оборудованные гамма-спектрометрами, сканировали отдельные участки всего пострадавшего региона с высоты 1–2 км. Критерием выбора отдельных участков обследования служили данные о радиационных полях, полученные при первых общих обследованиях. Поскольку на детекторы устанавливались коллиматоры, данные, полученные во время таких аэрофотосъемок, характеризуют усредненные величины по полю с радиусом от 50 до 250 м. В настоящее время аэрофотосъемка выполняетя раз в два года с целью пополнения базы данных пространственными изменениями, происходящими на радиационных участках.

Кроме авиационного контроля каждые два года выполняются мероприятия в рамках отбора проб почвы. Пробы отбираются приблизительно в 500 населенных пунктах во всем регионе. Количество проб почвы, отбираемых в каждом населенном пункте, как было изложено в публикациях Государственного Комитета СССР по гидрометеорологии (см. Приложение 1), зависит от количества его жителей и уровня выпадения радионуклидов.

Данные о содержании радионуклидов в пробах почвы (представляющих измерения в отдельных точках) и результаты контроля радиационного поля, полученные с помощью аэрофотосъемки (усредненные величины), учитываются при составлении карт, на которых указывается выпадение радионуклидов в регионе; при этом, для совмещения этих данных используются методы пересчета масштаба.

Для составления карт радиационных полей в УССР были использованы данные измерения проб почвы, которые переносились на обычную сетку карты с указанием данных о величине радиационного поля [12, 13]. Результаты измерений с помощью аэрофотосъемки не были предоставлены республикам. В ЭВМ имеется много данных о радиационных полях, которые требуют обработки полученных данных о радиационных полях. Такая информация по другим республикам не была предоставлена международным экспертам.

На этом этапе не было информации о степени достоверности данных советских карт выпадения радиоактивных осадков, что влияет на оценку точности официальных карт.

2.5. Проведение взаимых сравнений полученных результатов анализа проб

Для того чтобы оценить точность результатов, полученных различными советскими институтами, на совещании МКК было решено, что те советские институты, которые заняты проведением отбора проб окружающей среды и продовольственных продуктов и их анализом, будут приглашены участвовать во взаимном сравнении.

При проведении этого мероприятия предполагалось, что участвующие во взаимном сравнении лаборатории сделают анализ ряда проб, выяснят связанные с ними неясные вопросы, и результаты этой работы будут представлены МАГАТЭ для сравнения с рекомендуемыми значениями. Это взаимное сравнение помогает показать различие в точности результатов, представленных различными институтами. Для того чтобы определить, удобны ли советские пробы для предстоящего взаимного сравнения и подготовки данных о них, было решено осуществить проверку проб на гомогенность.

Предполагалось, что в этом мероприятии примут участие около 120 советских лабораторий, которые принимали участие в определении содержания цезия, а также пять-десять лабораторий, проводивших анализ проб на содержание стронция и (или) плутония. Затем было решено, что результаты каждой отдельной работы будут иметь конфиденциальный характер и будут опубликованы только в кодированном виде в соответствии с принятой научной практикой.

2.5.1. Подготовка, рассылка проб и полученные результаты

В мае 1990 года лаборатория аналитических измерений МАГАТЭ подготовила ряд проб для участвующих в этом мероприятии лабораторий, которые включали в себя следующие образцы:

— две емкости порошкового молока (с низкой и высокой активностью);
— имитаторы воздушных фильтров;
— одна емкость с образцом растительности (клевер);
— одна емкость почвы.

Были подготовлены две отдельные пробы порошкового молока (с низкой и высокой активностью) для оценки возможностей проведения измерений при различных уровнях загрязнения, которые могут встретиться в пробах молока. Это было продиктовано тем, что в отдельной лаборатории точность измерения высокой концентрации радионуклидов может быть адекватной, но не соответствовать точности измерения низкой активности. Это особенно важно в случае выполнения норм по загрязнению пищевых продуктов.

Все образцы (за исключением проб растительности) использовались в качестве стандартов в отделе аналитического контроля качества МАГАТЭ; упомянутые образцы проб растительности используются Агентством в международной программе по взаимному сравнению. К набору образцов была приложена подробная инструкция об обращении с ними и формуляры для заполнения результатов анализа. Необходимо подчеркнуть, что образцы поставлялись в виде проб для слепого контроля.

В июне 1990 года каждому из 25 институтов, указанных советской стороной для участия в этой деятельности, был направлен один набор образцов (Приложение 4). По просьбе советской стороны в начале октября 1990 года наборы таких образцов были дополнительно направлены еще в 38 институтов (Приложение 5). Всем участникам этого мероприятия была высказана просьба представить свои результаты не позднее, чем через месяц после получения этих образцов. Для проверки степени гомогенизации образцов, которые проверялись советскими институтами, аналитическая лаборатория МАГАТЭ получила дву-

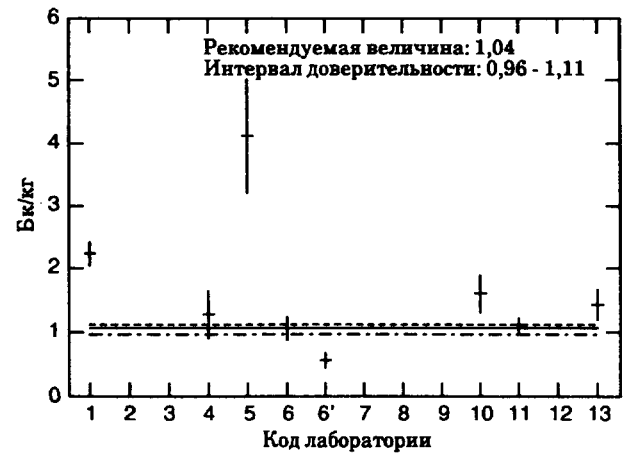


Рис. 3. Взаимное сравнение результатов измерения проб почвы (плутоний-239). [Источник: В. Валкович и его группа]

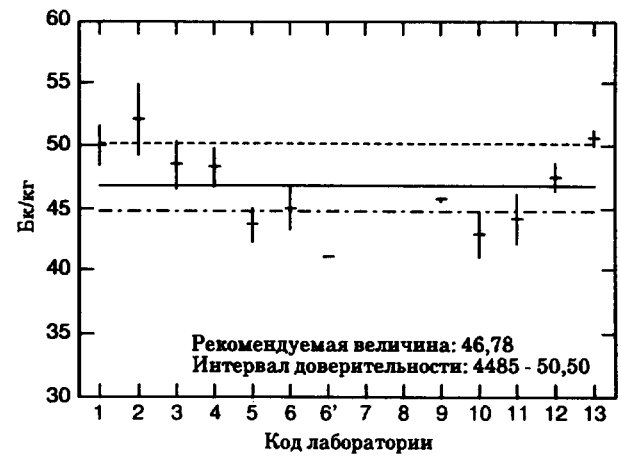


Рис. 4. Взаимное сравнение результатов измерения проб почвы (цезий-137). [Источник: В. Валкович и его группа]

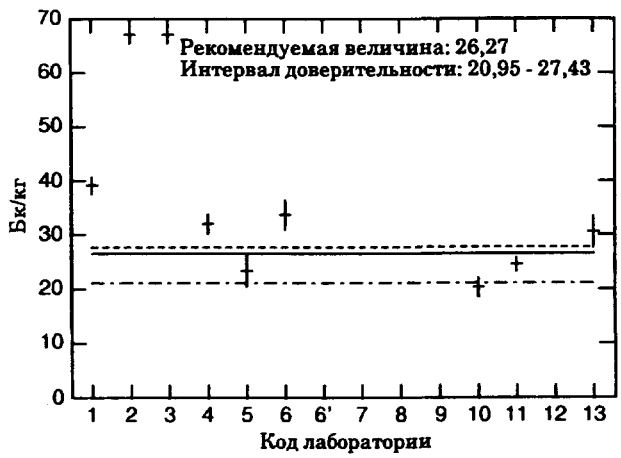


Рис. 2. Взаимное сравнение результатов измерения проб почвы (стронций-90). [Источник: В. Валкович и его группа]

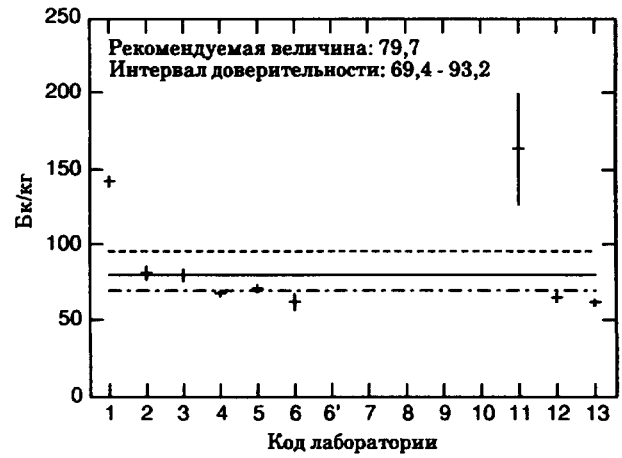


Рис. 5. Взаимное сравнение результатов измерения проб почвы (радий-226). [Источник: В. Валкович и его группа]



Рис. 6. Взаимное сравнение результатов измерения проб порошкового молока с низким уровнем активности (стронций-90). [Источник: В. Валкович и его группа]

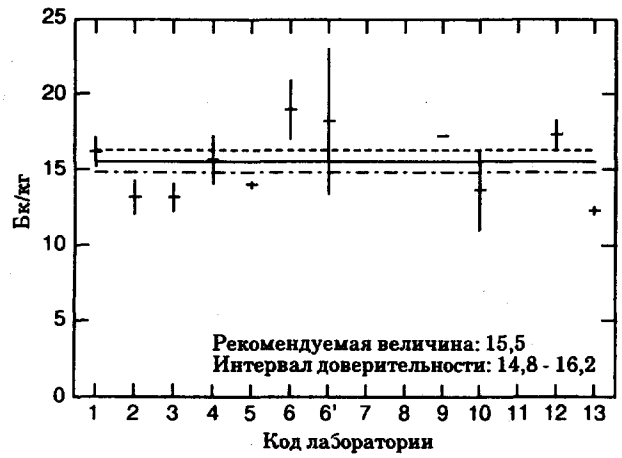


Рис. 7. Взаимное сравнение результатов измерения проб порошкового молока с низким уровнем активности (цезий-134). [Источник: В. Валкович и его группа]

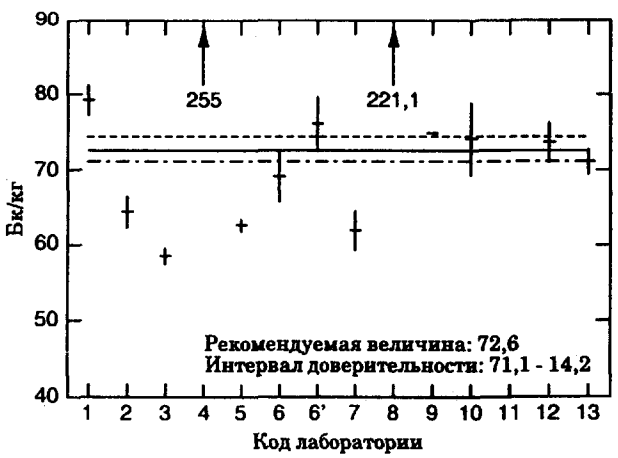


Рис. 8. Взаимное сравнение результатов измерения проб порошкового молока с низким уровнем активности (цезий-137). [Источник: В. Валкович и его группа]

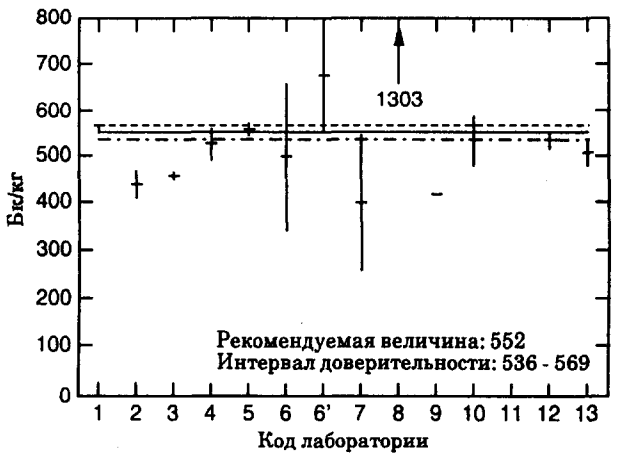


Рис. 9. Взаимное сравнение результатов измерения проб порошкового молока с низким уровнем активности (калий-40). [Источник: В. Валкович и его группа]



Рис. 10. Взаимное сравнение результатов измерения проб порошкового молока с повышенным уровнем активности (стронций-90). [Источник: В. Валкович и его группа)

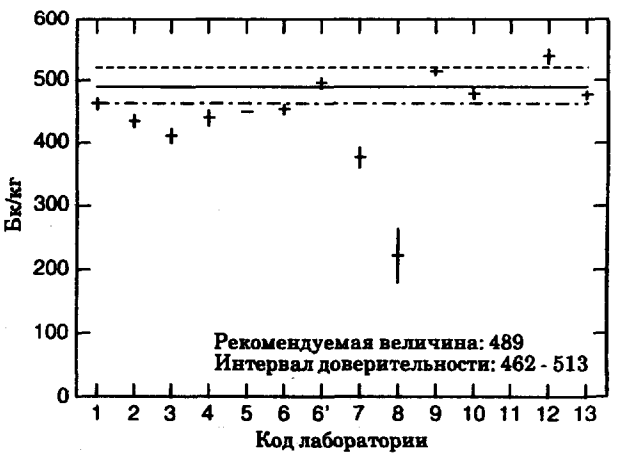


Рис. 11. Взаимное сравнение результатов измерения проб порошкового молока с повышенным уровнем активности (цезий-134). [Источник: В. Валкович и его группа]

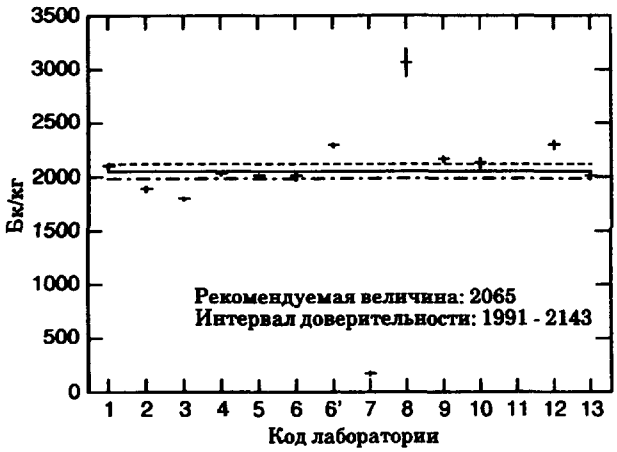


Рис. 12. Взаимное сравнение проб порошкового молока с повышенным уровнем активности (цезий-137). [Источник: В. Валкович и его группа]

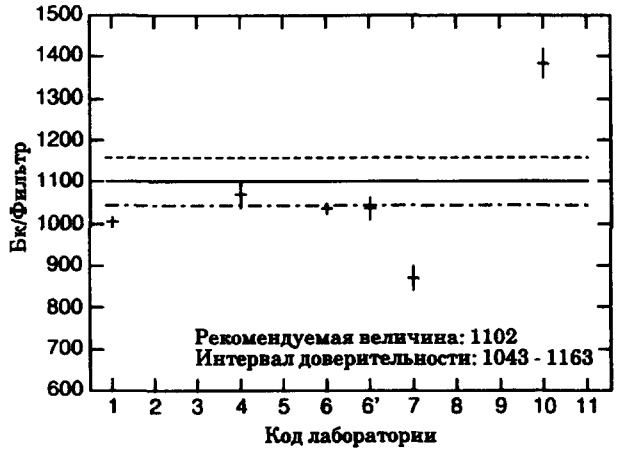


Рис. 15. Взаимное сравнение результатов измерения имитаторов воздушных фильтров (цезий-137). [Источник: В. Валкович и его группа]

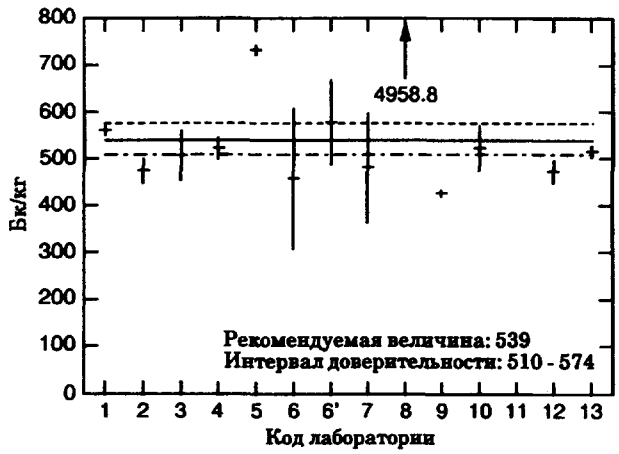


Рис. 13. Взаимное сравнение результатов измерения проб порошкового молока с повышенным уровнем активности (калий-40). [Источник: В. Валкович и его группа]

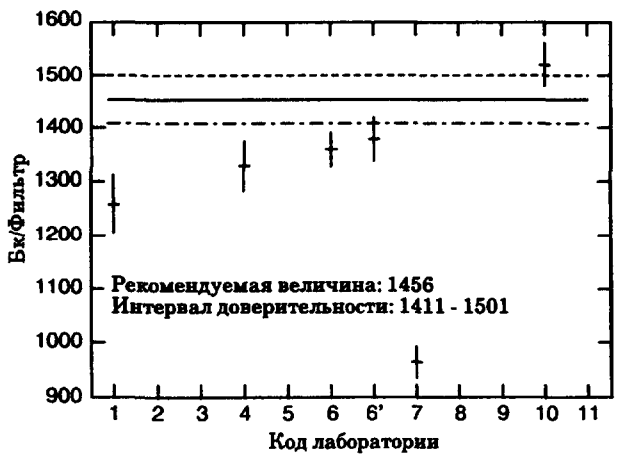


Рис. 16. Взаимное сравнение результатов измерения проб имитаторов воздушных фильтров (кобальт-60). [Источник: В. Валкович и его группа]

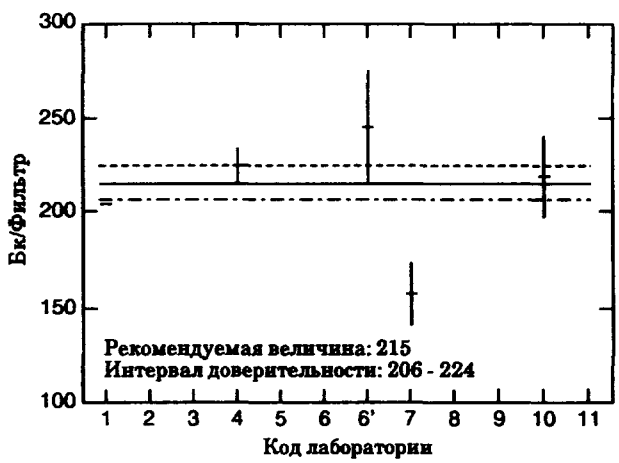


Рис. 14. Взаимное сравнение результатов измерения проб имитаторов воздушных фильтров (стронций-90). [Источник: В. Валкович и его группа]

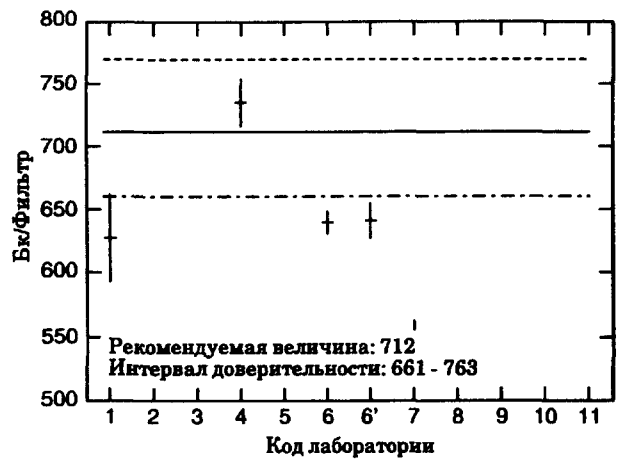


Рис. 17. Взаимное сравнение результатов измерения проб имитаторов воздушных фильтров (барий-133). [Источник: В. Валкович и его группа]

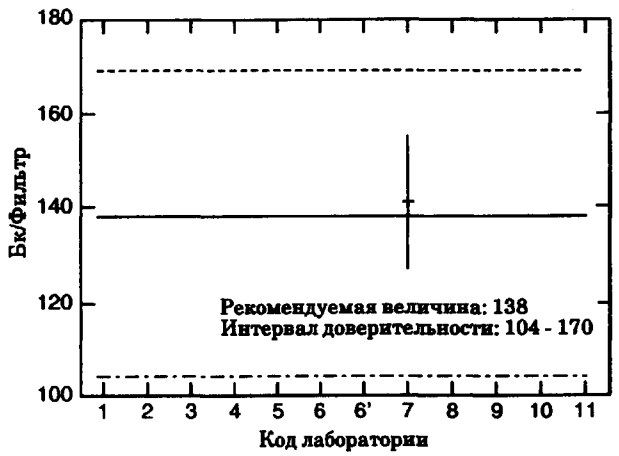


Рис. 18. Взаимное сравнение результатов измерения проб имитаторов воздушных фильтров (свинец-210). [Источник: В. Валкович и его группа]

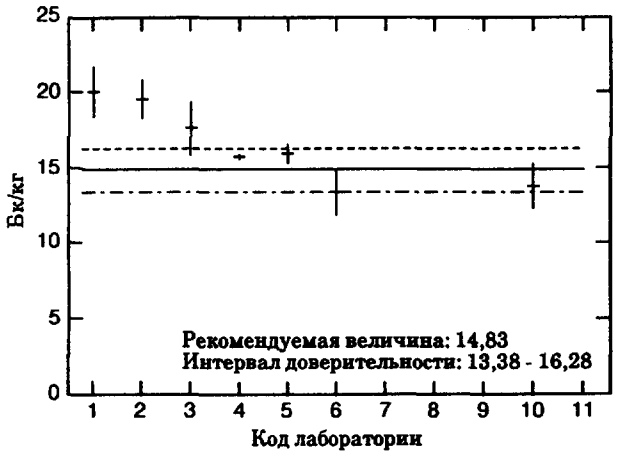


Рис. 19. Взаимное сравнение результатов измерения проб растительности (клевера) (стронций-90). [Источник: В. Валкович и его группа]

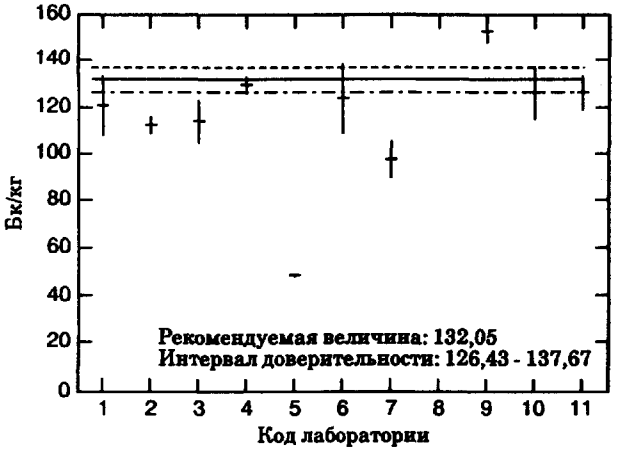


Рис. 20. Взаимное сравнение результатов измерения проб растительности (клевера) (цезий-134). [Источник: В. Валкович и его группа]

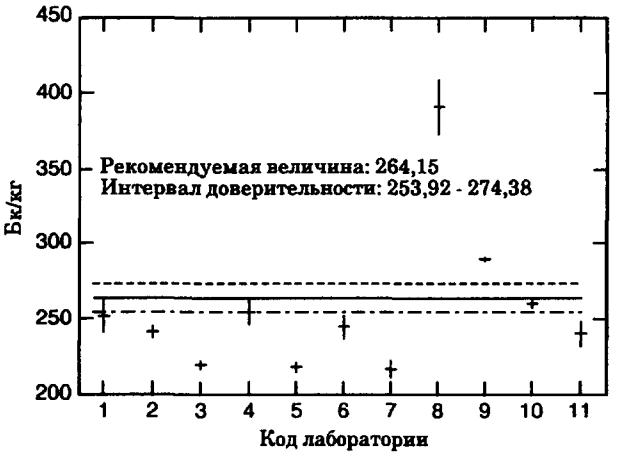


Рис. 21. Взаимное сравнение результатов измерения проб растительности (клевера) (цезий-137). [Источник: В. Валкович и его группа]

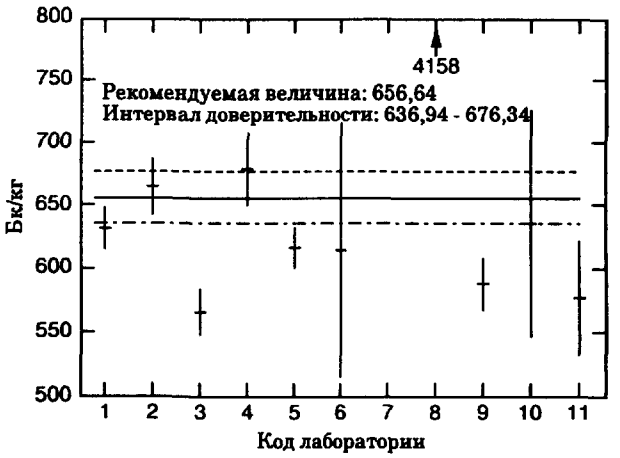


Рис. 22. Взаимное сравнение результатов измерения проб растительности (клевера) (калий-40). [Источник: В. Валкович и его группа]

мя партиями из советских институтов-участников этого мероприятия около 4000 кг различных проб (порошковое молоко, трава, сено и почва) из БССР, РСФСР и УССР (Приложение 6). Эти пробы будут также использованы для подготовки вторичных стандартов по принятым в аналитической лаборатории МАГАТЭ методикам для проведения международных сравнений.

К марту 1991 года 24 лаборатории получили результаты. В настоящем докладе рассматриваются результаты лишь 13 лабораторий, которые их получили к январю 1991 года. Как уже было сказано, эти лаборатории внесли основной вклад в общую оценку радиоактивного загрязнения окружающей среды [14]. Не все лаборатории провели проверку всех образцов на наличие в них всех радионуклидов.

2.5.2. Результаты проведения взаимного сравнения и проверки образцов на гомогенность

2.5.2.1. Образцы почв

Лаборатории-участники взаимного сравнения представили результаты проверки образцов почвы, которые анализировались на наличие в них стронция-90, плутония-239, цезия-137 и радия-226. Удельная активность радионуклидов колебалась от 1,04 до 79,7 Бк/кг. Результаты, полученные участниками взаимного сравнения, сопоставлялись с рекомендуемыми величинами и величинами в 95-процентном интервале доверительности, которые приводятся на рис. 2–5. Что касается цезия-137 и радона-226, то значения концентрации этих радионуклидов очень близки к указанным интервалам (исключая данные лабораторий 1 и 11), хотя для стронция-90 и плутония-239 есть тенденция завышения оценки (до 4 раз по сравнению с рекомендуемыми величинами).

2.5.2.2. Пробы порошкового молока с низким уровнем содержания радиоактивности

Пробы порошкового молока анализировались на наличие стронция-90, цезия-134, цезия-137 и калия-40. Удельная активность радионуклидов колебалась от 3,3 до 552 Бк/кг. Полученные результаты сравнивались с рекомендуемыми величинами и величинами в 95-процентном интервале доверительности, приводимыми на рис. 6–9. При этих низких уровнях концентрации радионуклидов многие участники встретились с рядом трудностей относительно стронция-90, в целом завышая рекомендуемые величины (до 8 раз). Хотя в большинстве случаев результаты измерения цезия-134 хорошо совпадали с рекомендуемыми значениями, некоторые участники завысили рекомендуемую величину по цезию-137 в три раза. Результаты измерения калия-40 можно рассматривать как удовлетворительные (за исключением лаборатории 8).

2.5.2.3. Пробы порошкового молока с повышенным уровнем содержания радиоактивности

Пробы порошкового молока анализировались на присутствие стронция-90, цезия-134, цезия-137 и калия-40. Для предотвращения возможности ошибки участников во время проведения измерений уровня активности в набор были включены пробы с удельной активностью от 7,45 до 2065 Бк/кг. Полученные участниками результаты сравнивались с рекомендуемыми значениями и 95-процентными уровнями доверительности, приводимыми на рис. 10–13. Количество участников, у которых результаты измерений стронция-90 были приемлемыми, увеличилось в случае измерения повышенных уровней концентрации радионуклидов, однако некоторые участники все же завысили рекомендуемые значения до 9 раз. При измерении более высоких уровней цезия-137 результаты также существенно лучше, чем в случае с цезием-134, и могут в целом считаться удовлетворительными. То же самое можно сказать и о результатах измерения калия-40. Однако, лаборатории 7 и 8, соответственно, занизили и завысили существенным образом рекомендуемые значения цезия-137, что свидетельствует о необходимости пересмотреть их методы анализа. Обе лаборатории занизили значения по цезию-134, а лаборатория 8 в то же время завысила значение по кальцию-40.

2.5.2.4. Анализ проб-имитаторов загрязнения воздушных фильтров

Пробы-имитаторы загрязнения воздушных фильтров, приготовленные путём капельного нанесения растворов радиоактивных веществ на материал воздушных фильтров, анализировались на концентрацию содержания стронция-90, цезия-137, кобальта-60, бария-133 и свинца-210. Концентрация радиоактивных веществ находилась в диапазоне от 138 до 1456 Бк на фильтр. Величины, полученные участниками проводимых измерений, сравнивались с рекомендованными величинами, а интервал доверительности составлял 95%, что показано на рис.14–18. Полученные величины концентрации цезия-137 и свинца-210 незначительно отличались от рекомендованных величин. Расхождения по полученным величинам концентрации бария-133, кобальта-60 и стронция-90 составляли порядка 30–50% по сравнению с рекомендованными величинами, что не может быть признано приемлемым.

2.5.2.5. Анализ проб растительности

Пробы растительности (клевера) анализировались на содержание стронция-90, цезия-134, цезия-137 и калия-40. Концентрация радиоактивных веществ составляла от 14,83 до 656,64 Бк/кг. На рис.19–22 результаты, полученные участни-

Таблица 2

Однородный критерий различных типов проб окружающей среды, предоставленных советскими институтами. [*Источник: В. Валкович и его группа*]

Проба	Место взятия пробы	Отличие от среднеарифметического значения (%)	
		Средняя величина (в произвольно выбранных единицах измерения)	Среднее квадратическое отклонение (%)
Почва	Киев	1,170	1,4
Почва	Гомель	5,915	1,3
Почва	Новозыбков	7,467	1,4
Трава	Киев	10,949	0,8
Трава	Гомель	3,216	1,7
Сухое молоко	Народичи	3,029	1,8
Сухое молоко	Новозыбков	4,332	1,3
Сухое молоко	Молокозавод "Калинковичи"	0,262	2,3
Сено	Колхоз "Путь Революции"	5,709	6,4
После повторного перемешивания вышеперечисленных образцов		13,567	5,5

ками измерений, сравниваются с рекомендованными величинами при интервале доверительности, равном 95%. Данные, полученные участниками анализа по стронцию-90, практически не отличались от рекомендованных величин; отклонения от рекомендованных величин указывали на возможность завышения концентрации. Величины концентрации цезия-134, цезия-137 и калия-40 в пробах растительности были занижены в большинстве лабораторий (в лаборатории 5 по цезию-134 почти в три раза), исключение составила лаборатория 8 (завышение почти в 6 раз).

2.5.2.6. Анализ проб на однородность

Целью проведённого анализа явилось определение пригодности образцов проб, представленных советскими учёными, для приготовления эталонных проб, а не проверка возможностей советских лабораторий.

Проверка однородности проб, отобранных советскими организациями на территории СССР, проводилась в секции изотопных исследований (СИИ) лаборатории МАГАТЭ по следующим категориям: пробы почвы, пробы молока (сухого), травы и сена. Результаты анализа приведены в табл. 2. Стандартное отклонение (с.о.) в основном находилось в пределах от 0,8% (пробы травы) до 2,3% (пробы сухого молока); однако, в случае анализа проб сена оно составило 6,4%. Данная величина не претерпела значительных изменений после повторного перемешивания пробы (стандартное отклонение для повторно перемешанной пробы сена равнялось 5,5%). Таким образом, все представленные пробы, за исключением проб сена, можно считать достаточно однородными и пригодными для приготовления эталонных проб.

3. Независимая оценка загрязнения окружающей среды и карт выпадения радиоактивных осадков в выбранных населенных пунктах

Как уже отмечалось, данные о состоянии окружающей среды обычно представляются в СССР в виде карт. Выпадение радионуклидов на землю (например, цезия, стронция и плутония) отражается либо специальным цветом, либо изоплетами в пределах от 1 до 40 Ки/км^2 (от 37 до 1480 кБк/м^2). Эти карты были изданы вместе с Общим обзором в рамках Проекта. Средние величины по радиоактивному загрязнению окружающей среды цезием-137 и стронцием-90 по отдельным населённым пунктам, представленные в виде таблиц, даны в Приложении 1.

Меры по проверке карт выпадения радиоактивных осадков на территории СССР включали оценку исходных теоретических положений для составления таких карт, методик экспериментов и полученных в результате баз данных; оценка производилась в ходе совместной работы со следующими организациями: Институтом экспериментальной метеорологии (г. Обнинск), Всесоюзным научно-исследовательским институтом сельскохозяйственной радиологии (г. Обнинск), Институтом ядерных исследований АН УССР (г. Киев) и Институтом кибернетики им. Глушкова (г. Киев).

Другой, не менее важной задачей было проведение тщательной независимой проверки отдельных радиологических данных в следующих населённых пунктах: Новозыбков (РСФСР), Брагин (БССР), Полесское и Далета (УССР). В табл.1 приведены средние величины поверхностного загрязнения, представленные Институтом гидрометеорологии (Гидромет) для этих населённых пунктов (Приложение 1). Результаты независимых исследований представлены в разделах 3.1, 3.2 и 3.4.

Во время поездок в эти и другие населённые пункты группы экспертов проводили дополнительные исследования в целях уточнения оценки данных о загрязнении окружающей среды. Эти исследования включали определение профилей доз, измеренных на обочинах дорог со специального автомобиля по измерению "горячих пятен", анализ экосистемы почва-трава-молоко, а также отбор проб почвы, воды, воздуха и продуктов питания (они будут представлены в разделах 3,5–3,10).

Кроме того, было проведено исследование состояния окружающей среды в населённых пунктах, выбранных экспертами-медиками (см. Часть Е) в качестве районов с незначительным загрязнением в результате выпадения радиоактивных веществ (контрольные населённые пункты). Эти результаты представлены в разделе 3.3. Все исследования проводились группами международных экспертов по методикам, одобренным и принятым МАГАТЭ.

3.1. Исследования в Новозыбкове (РСФСР)

Новозыбков — населённый пункт с населением около 45 000 человек, проживающих на площади 3,5 × 3,5 кв.км. Население, главным образом сельское, проживает в небольших одноэтажных домах; несколько новых многоэтажных жилых домов расположены на окраине. Новое Место — населённый пункт в 9 км к западу от Новозыбкова, являющийся главным поставщиком сельскохозяйственных продуктов для города. В соответствии с официально представленными картами загрязнения Новозыбков находится в зоне 15–40 Ки/км^2 (555–1480 кБк/м^2), а средняя величина поверхностного загрязнения цезием-137 равна 18 Ки/км^2 (666 кБк/м^2) (табл.1).

Анализ измерений внешней гамма-дозы, проб почвы, аэрозолей, а также полевая гамма-спектрометрия производились с 21 июля по 8 августа 1990 года.

3.1.1. Измерения уровней доз

Большинство измерений мощности доз в воздухе в Новозыбкове проводились при помощи калиброванных ионизационных камер под давлением. Дополнительные измерения проводились пересчётным монитором с пластиковым сцинтиллятором, имеющим покрытие из сульфида цинка, который прошёл интеркалибровочные сравнения. Измерения проводились на высоте примерно 1 м над землёй с общей систематической ошибкой менее 5%. Значения мощности экспозиционной дозы в воздухе в μР/ч были переведены в значения мощности дозы в μЗв/ч.[2] Подробное описание использованных методов приводится в [15].

[2] Коэффициент 8,7 был использован для перевода μР/ч в нГр/ч, а потом коэффициент 0,7 был использован для преобразования нГр/ч в μЗв/ч.

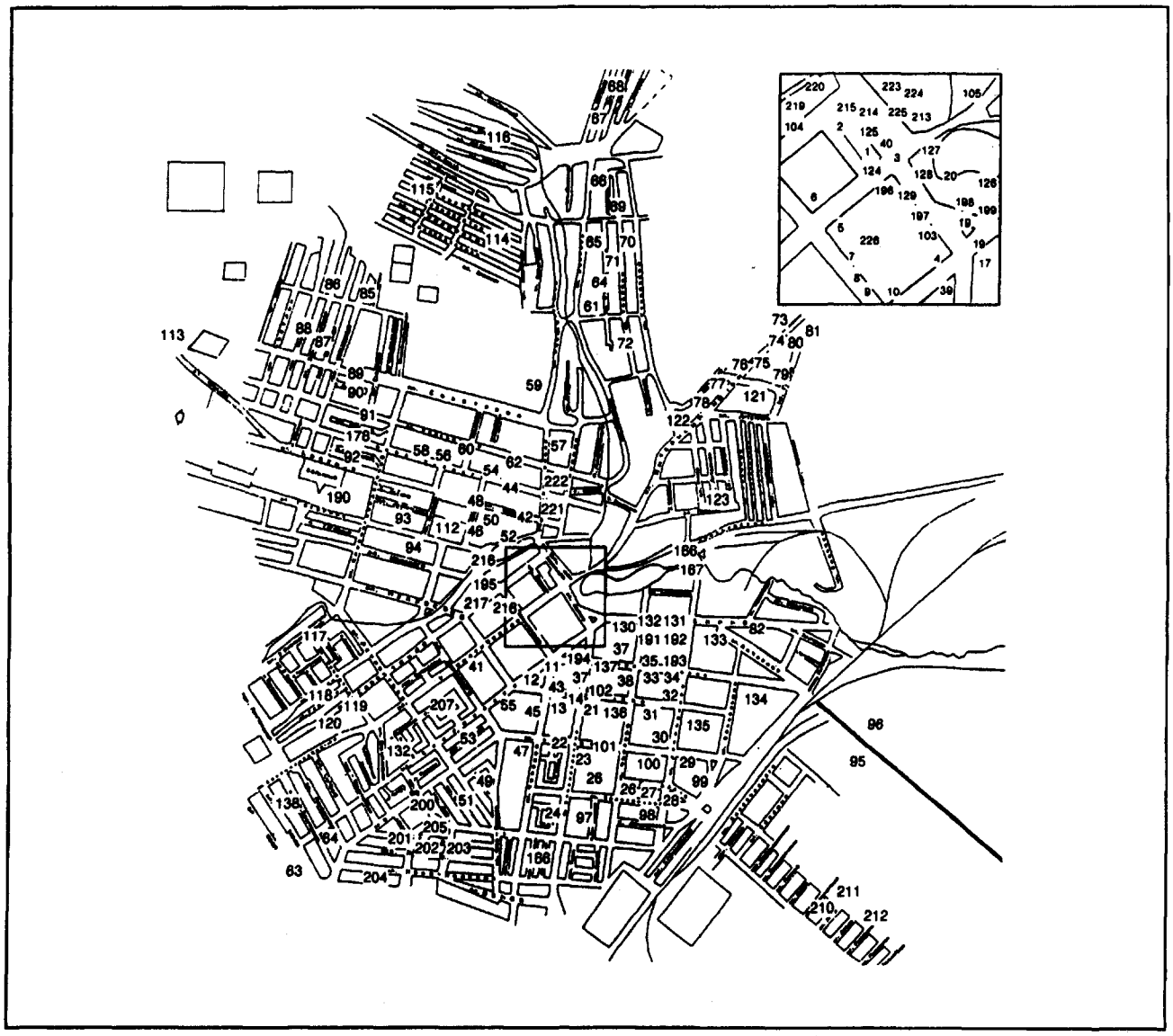


Рис. 23. Места измерения мощности дозы в г. Новозыбкове (см. соответствующий номер). [Источник: К. Миллер и его группа]

Постоянные, проводимые каждый час замеры мощности экспозиционной дозы показали, что за время наблюдений в городе не было зарегистрировано нового источника радиоактивного выпадения, вызванного существенным вторичным переносом ветром или выпадением из другого источника. Измерения проводились в следующих местах (рис. 23):

(а) *вне помещений:* участки с ненарушенной почвой, поросшие травой и лесом, сады, участки голой земли, заасфальтированные улицы и бетонные тротуары;

(б) *в помещениях:* деревянные дома, кирпичные и блочные дома, многоквартирные жилые дома и общественные здания.

В каждом месте было сделано от двух до пяти измерений, а затем брался средний результат. На рис. 24–30 приводится распределение по частоте для участков с ненарушенной почвой, садов и участков с нарушенной почвой, вне помещений для городских районов, а также внутри помещений для разных типов зданий.

В табл. 3 представлены параметры средней мощности дозы, её максимальные и минималь-

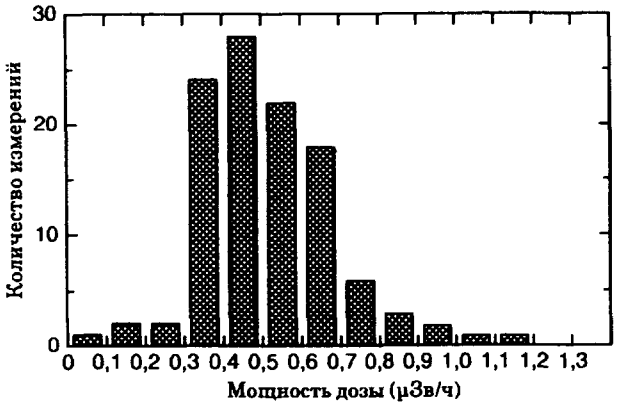


Рис. 24. Гистограмма измерений мощности дозы на участках с ненарушенной почвой в Новозыбкове. [Источник: К. Миллер и его группа]

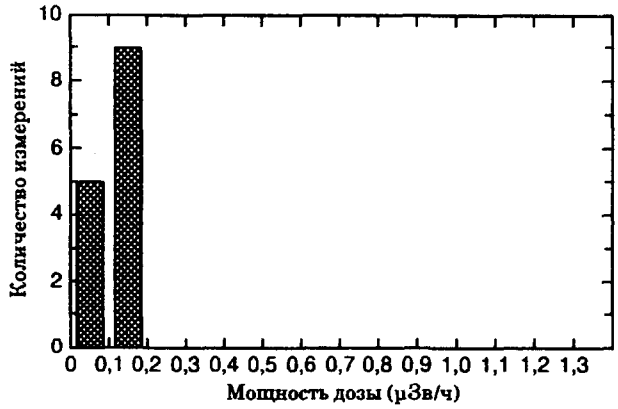


Рис. 27. Гистограмма измерений мощности дозы в отдельно стоящих деревянных домах в Новозыбкове. [Источник: К. Миллер и его группа]

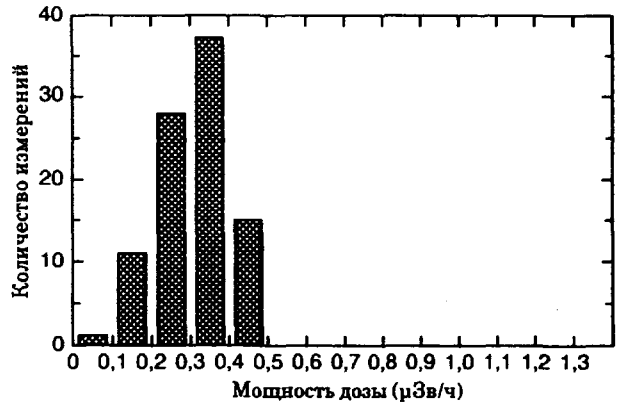


Рис. 25. Гистрограмма измерений мощности дозы на приусадебных участках, над верхним слоем почвы и на участках с нарушенной почвой в Новозыбкове. [Источник: К. Миллер и его группа]

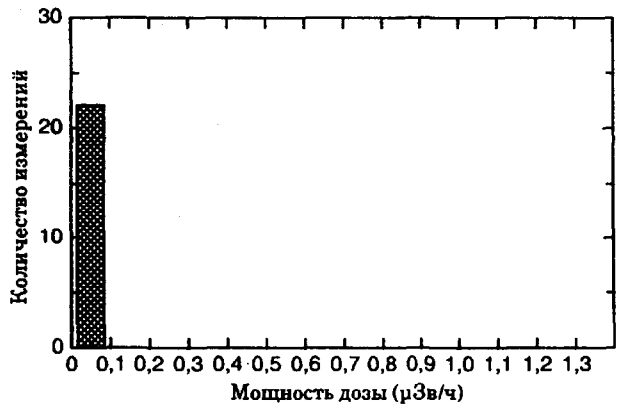


Рис. 28. Гистограмма измерений мощности дозы в отдельно стоящих домах (глинобитных, из кирпича или бетона) в Новозыбкове. [Источник: К. Миллер и его группа]

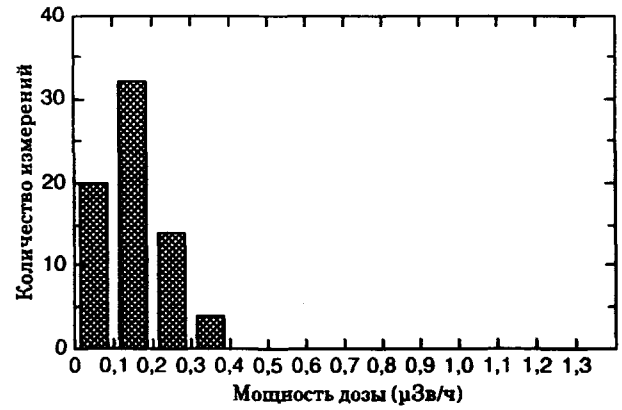


Рис. 26. Гистограмма измерений мощности дозы над участками с твердым покрытием (бетон, асфальт, брусчатка) в Новозыбкове. [Источник: К. Миллер и его группа]

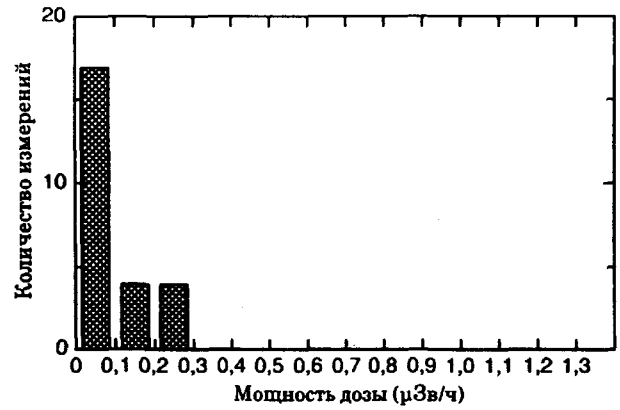


Рис. 29. Гистограмма измерений мощности дозы в многоэтажных жилых домах в Новозыбкове. [Источник: К. Миллер и его группа]

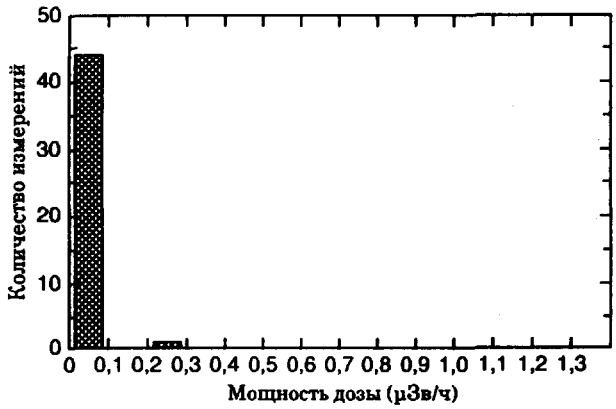


Рис. 30. Гистограмма измерений мощности дозы в общественных зданиях и на рабочих местах в Новозыбкове. [Источник: К. Миллер и его группа]

ные величины, а также стандартное отклонение. Результаты можно подытожить следующим образом:

(1) Самые высокие значения мощности дозы были получены на участках с ненарушенной почвой в связи с тем, что выпавшие радионуклиды располагаются довольно близко к поверхности почвы.

(2) Более низкие значения мощности дозы наблюдались в "садах, на участках земли без растительности, с нарушенной почвой" или с "твёрдым покрытием", например, на бетоне, асфальте или тротуаре, что объясняется обработкой земли или снятием её верхнего слоя.

(3) Здания могут служить существенной защитой в зависимости от материала, из которого они построены, например, каменные дома обеспечивают более эффективную защиту (среднее значение 0,085 μЗв/ч), чем деревянные строения (среднее значение 0,111 μЗв/ч).

(4) Самые низкие значения получены в многоквартирных жилых домах (среднее значение: 0,058 μЗв/ч), за исключением домов, которые строились во время аварии.

Советская сторона не предоставила группе международных экспертов в Новозыбкове более подробных (т. е. детальных) данных по состоянию окружающей среды, чем официальные карты загрязнения. Для того чтобы достичь по-

Таблица 3

Характерные статистические параметры мощности эквивалентной дозы в помещениях и на открытом воздухе, г. Новозыбков. [*Источник: К. Миллер и его группа*]

Место проведения измерения	Мощность дозы (μЗв/ч)					
	Кол-во измерений	Средняя	Среднее квадратическое отклонение	Медиана	Мин.	Макс.
Некультивируемые площади	110	0,57	0,18	0,55	0,17	1,30
Сады, почва и культивируемые площади	92	0,31	0,09	0,32	0,11	0,50
Твердые поверхности (бетон, асфальт, брусчатка)	70	0,16	0,08	0,14	0,07	0,39
Отдельностоящие деревянные дома (в помещениях)	50	0,11	0,03	0,11	0,06	0,18
Отдельностоящие оштукатуренные, кирпичные или блочно-панельные дома	22	0,08	0,02	0,08	0,06	0,13
Жилые здания (без обозначения)	25	0,11	0,07	0,08	0,04	0,29
Жилые здания, за исключением №№ 191, 192	13	0,06	0,01	0,06	0,04	0,08
Общественные здания и рабочие места (в помещениях)	45	0,07	0,04	0,06	0,04	0,28

Таблица 4

Результаты измерений мощности дозы вне помещений. Взаимное сравнение результатов, полученных международными экспертами (МЭ) и советскими специалистами (СС).
[*Источник: К. Миллер и его группа*]

Номер участка	Мощность дозы, МЭ (μЗв/ч)	Мощность дозы, СС (μЗв/ч)	Соотношение СС/МЭ	Описание участка
39a	0,52	0,51	0,98	У желтой церкви
39b	0,52	0,46	0,89	У желтой церкви
39c	0,45	0,40	0,89	У желтой церкви
39d	0,47	0,44	0,95	У желтой церкви
39e	0,49	0,49	1,01	У желтой церкви
39f	0,37	0,41	1,13	У желтой церкви
39g	0,47	0,39	0,83	У желтой церкви
63a	0,94	0,90	0,95	Возвышенность в юго-западной части г. Новозыбкова
63b	0,91	0,75	0,83	Возвышенность в юго-западной части г. Новозыбкова
63c	1,10	0,95	0,86	Возвышенность в юго-западной части г. Новозыбкова
63d	0,93	0,87	0,94	Возвышенность в юго-западной части г. Новозыбкова
63e	0,90	0,86	0,97	Возвышенность в юго-западной части г. Новозыбкова
63f	0,94	0,88	0,94	Возвышенность в юго-западной части г. Новозыбкова
63g	0,96	0,83	0,86	Возвышенность в юго-западной части г. Новозыбкова
63h	0,97	0,86	0,88	Возвышенность в юго-западной части г. Новозыбкова
63i	0,94	0,83	0,89	Возвышенность в юго-западной части г. Новозыбкова
63j	0,93	0,89	0,96	Возвышенность в юго-западной части г. Новозыбкова
64a	0,45	0,43	0,95	Приусадебный участок
64b	0,29	0,32	1,08	Участок земляники
169a	1,13	1,14	1,01	Северо-западное направление
169b	0,89	0,84	0,94	Северо-западное направление
170	0,62	0,58	0,94	Северо-западное направление
171	0,50	0,52	1,04	Северо-западное направление
172	0,47	0,44	0,95	Северо-западное направление
173	0,55	0,54	0,98	Северное направление
174	0,74	0,71	0,95	Северное направление
175	0,56	0,55	0,98	Северное направление
176	0,51	0,41	0,80	Северное направление
177	0,49	0,49	1,00	Северное направление
179	0,89	0,80	0,89	Северное направление
180	0,72	0,71	0,98	Южное направление
181	0,60	0,49	0,82	Южное направление
182	1,05	0,99	0,95	Южное направление
183	0,88	0,90	1,02	Южное направление
184	0,55	0,54	0,97	Юго-восточное направление
185	0,57	0,57	1,00	Юго-восточное направление
186	0,51	0,49	0,96	Юго-восточное направление
187	0,63	0,56	0,90	Юго-восточное направление

Примечание: n = 41; средняя величина соотношения СС/МЭ = 0,94; среднее квадратическое отклонение = 0,07; медиана = 0,95; минимальное значение = 0,80; максимальное значение = 1,13.

Таблица 5

Результаты измерения мощности дозы внутри помещений. Взаимное сравнение результатов, полученных международными экспертами (МЭ) и советскими специалистами (СС).
[Источник: К. Миллер и его группа]

Номер участка	Мощность дозы, МЭ (μЗв/ч)	Мощность дозы, СС (μЗв/ч)	Соотношение СС/МЭ	Описание участка
64c	0,25	0,24	0,97	Строение в районе с высоким уровнем радиоактивности
64d	0,25	0,24	0,97	Строение в районе с высоким уровнем радиоактивности
64e	0,19	0,20	1,08	Строение в районе с высоким уровнем радиоактивности
64f	0,17	0,16	0,95	Строение в районе с высоким уровнем радиоактивности
64g	0,14	0,13	0,96	Строение в районе с высоким уровнем радиоактивности
64h	0,12	0,12	0,98	Строение в районе с высоким уровнем радиоактивности
190	0,05	0,06	1,10	Больница

Примечание: n = 7; средняя величина соотношения СС/МЭ = 1,00; среднее квадратическое отклонение = 0,06; медиана = 0,97; минимальное значение = 0,95; максимальное значение = 1,10.

ставленной цели подтверждения данных, представленных СССР, группа международных экспертов и техническая группа местных специалистов под руководством представителя Института экспериментальной метеорологии "Тайфун" (г. Обнинск) провели перекрёстные измерения в нескольких районах города. В табл. 4 приводятся результаты перекрёстных измерений мощности доз, сделанных вне помещений. В среднем, разница составляет всего 6%.

В табл. 5 даётся сравнение данных, полученных группами международных и советских экспертов для помещений. Данные почти полностью совпадают.

3.1.2. Анализ проб почвы

Отбор проб почвы проводился с целью оценки инвентарного количества радионуклидов в Новозыбкове и определения глубины распределения цезия-137 в почве. Отбор проб почвы проводился по методике, описанной в [15]. Места для отбора проб были выбраны в районе Новозыбкова и в Новом Месте. Концентрация цезия-137 и цезия-134 отражена в табл. 6. Влажность проб почвы, взятых в полях и садах, составила от 10 до 29%, влажность проб, взятых в лесах, составила от 5 до 12%.

Результаты показывают, что отношение цезий-137/цезий-134 довольно постоянно и составляет от 6,4 до 6,8 независимо от места отбора пробы. Результаты расчётов инвентарного количества цезия-137 в образцах проб составляют от 470 до 1114 кБк/м^2 (приблизительно от 13 до 30 Ки/км^2; см. рис. 31). Согласно советской карте выпадения радионуклидов, количество радионуклидов цезия-137 в Новозыбкове составило от 15 до 40 Ки/км^2 (555–1480 кБк/м^2), при среднем значении в 18 Ки/км^2 (666 кБк/м^2) (табл.1), т. е. значения, полученные в результате независимого анализа, примерно согласуются с официальными советскими данными и картами загрязнения.

Данные по профилю глубины показывают, что наибольшая концентрация цезия содержалась в верхнем слое почвы, однако в отдельных случаях наблюдалось значительное проникновение цезия в глубь почвы (табл. 6). На частных участках 90–95% инвентарного количества цезия содержалось в верхнем слое почвы толщиной в 15 см; в сельскохозяйственных районах значительное количество цезия содержалось на глубине 30 см.

3.1.3. Анализ аэрозольных проб

Отбор аэрозольных проб проводился с целью определения содержания в атмосфере радиоактивных частиц и концентрации радионуклидов внутри и вне помещений. Также проводилось измерение размера частиц.

Аэрозольные образцы были отобраны при помощи персональных пробоотборников малого объёма (8 часов с расходом 1,5 л/мин), пробоот-

Таблица 6

Отбор проб почвы и данные их измерений по г. Новозыбкову.
(Отбор проб производился группой международных экспертов.) [*Источник: К. Миллер и его группа*]

Номер участка	Глубина (см)	Площадь ($см^2$)	Вес в сухом состоянии (кг)	Плотность в сухом состоянии ($г/см^3$)	^{137}Cs (кБк/кг)	^{137}Cs (кБк/$м^2$)	В % от общего количества	^{134}Cs (кБк/кг)	^{134}Cs (кБк/$м^2$)	В % от общего количества	Соотношение $^{137}Cs/^{134}Cs$
					А. Некультивируемые площади						
					(а) Поля						
39	0–5	620	3,756	1,21	7,08	428,8	65	1,11	67,2	66	
	5–10	620	5,048	1,01	2,32	189,3	29	0,36	29,3	29	
	10–15	620	4,505	1,45	0,54	39,4	6	0,08	5,7	6	
Σ	0–15		13,309	1,43		657,5			102,3		6,4
39	0–2,5	620	1,474	0,95	8,27	196,6		1,21	28,8		
	2,5–5	620	2,049	1,32	6,68	220,8		1,05	34,6		
Σ	0–5		3,523	1,14		417,5			63,5		6,6
63	0–2,5	186	0,415	0,89	30,14	725,8 ± 75,5	82	4,75	106,1 ± 11,3	82	
	2,5–5	186	0,712	1,53	1,96	75,2	8	0,28	10,9	8	
	5–10	186	1,799	1,92	0,64	62,3	7	0,10	9,5	7	
	10–15	186	1,614	1,73	0,25	22,0	2	0,04	3,4	3	
Σ	0–15		4,540	1,63		885,4			130,0		6,8
73	0–2,5	186	0,430	0,92	9,31	215,8 ± 0,7	39	1,44	33,2 ± 1,0	39	
	2,5–5	186	0,620	1,33	6,39	213,1	38	1,00	33,5	40	
	5–10	186	1,632	1,75	1,34	117,7	21	0,19	16,8	20	
	10–15	186	1,555	1,67	0,08	6,8	1	0,01	1,0	1	
	15–20	186	1,433	1,54	0,02	1,7	< 1	0,002	0,2	< 1	
	20–30	186	2,960	1,59	0,01	1,1	< 1	0,001	0,1	< 1	
Σ	0–30		8,630	1,55		556,2			84,7		6,6
95	0–2,5	620	1,208	0,78	16,80	327,3	70	2,47	48,2	69	
	2,5–5	620	1,915	1,23	3,07	94,8	20	0,48	14,9	21	
	5–10	620	5,273	1,70	0,43	36,3	8	0,06	5,2	7	
	10–15	620	5,270	1,70	0,14	11,7	2	0,02	1,8	2	
Σ	0–15		13,67	1,47		470,1			70,0		6,7

Таблица 6 (продолжение)

Номер участка	Глубина (см)	Площадь ($см^2$)	Вес в сухом состоянии (кг)	Плотность в сухом состоянии ($г/см^3$)	^{137}Cs (кБк/кг)	^{137}Cs (кБк/$м^2$)	В % от общего количества	^{134}Cs (кБк/кг)	^{134}Cs (кБк/$м^2$)	В % от общего количества	Соотношение $^{137}Cs/^{134}Cs$
113	Трава	929	0,055	0,06	16,60	9,80	—	2,66	1,6	—	
113	0–2,5	186	0,429	0,92	14,8	359,8 ± 27,2	68	2,37	54,7 ± 6,2	68	
	2,5–5	186	0,745	1,60	3,08	123,5	23	0,47	18.9	24	
	5–10	186	1,596	1,72	0,36	31,3	6	0,06	4,8	6	
	10–15	186	1,825	1,96	0,12	12,1	2	0,02	1,8	2	
Σ	0–15		4,595	1,65		526,7				80,2	6,6
166	0–2,5	186	0,329	0,71	16,72	293,4 ± 3,4	44	2,5	44,3 ± 1,9	45	
	2,5–5	186	0,695	1,50	6,30	235,4	35	0,91	34,0	35	
	5–10	186	1,495	1,61	1,40	112,3	17	0,20	16,2	16	
	10–15	186	1,546	1,66	0,32	26,6	4	0,04	3,7	4	
Σ	0–15		4,065	1,46		667,7			98,1		6,8
					(б) Невспаханные сельскохозяйственные угодья						
109	Трава	645	0,034	0,05	0,85	0,45	—	0,12	0,06	—	—
109	0–2,5	620	1,281	0,83	22,76	530,8 ± 85,5	58	3,88	80,1 ± 9,5	58	
	2,5–5	620	2,510	1,62	5,20	210,7	23	0,80	32,4	23	
	5–10	620	5,650	1,82	1,02	93,4	10	0,15	13,5	10	
	10–15	620	5,274	1,70	0,83	70,3	8	0,12	10,6	8	
	15–20	620	4,336	1,40	0,15	10,5	1	0,02	1,6	1	
	20–30	620	9,057	1,46	0,03	5,0	<1	0,005	0,7	<1	
Σ	0–30		28,108	1,51		920,7			139,0		6,6

Таблица 6 (продолжение)

Номер участка	Глубина (см)	Площадь ($см^2$)	Вес в сухом состоянии (кг)	Плотность в сухом состоянии ($г/см^3$)	^{137}Cs (кБк/кг)	^{137}Cs ($кБк/м^2$)	В % от общего количества	^{134}Cs (кБк/кг)	^{134}Cs ($кБк/м^2$)	В % от общего количества	Соотношение $^{137}Cs/^{134}Cs$
				Б. Культивируемые площади							
				(а) Приусадебные участки							
81	0-5	186	1,149	1,23	3,03	187,0	33	0,47	29,2	33	
	5-10	186	1,444	1,55	2,76	214,3	38	0,43	33,4	38	
	10-15	186	1,328	1,43	1,93	137,7	24	0,28	20,3	23	
	15-20	186	1,226	1,32	0,40	26,4	5	0,06	3,9	4	
	20-30	186	2,285	1,23	0,02	2,4	<1	0,004	0,5	1	
Σ	0-30		7,432	1,33		567,7			87,9		6,4
167	0-5	186	0,986	1,06	3,63	192,8	28	0,54	28,7	28	
	5-10	186	1,219	1,31	3,95	259,2	37	0,57	37,6	36	
	10-15	186	1,101	1,18	3,19	189,0	27	0,50	29,4	28	
	15-20	186	1,135	1,22	0,91	55,8	8	0,01	8,2	8	
Σ	0-20		4,441	1,19		696,7			103,9		6,7
				(б) Вспаханные сельскохозяйственные угодья							
96	0-2,5	186	0,639	1,37	1,83	62,9	11	0,27	9,2	11	
	2,5-5	186	0,682	1,47	1,85	67,7	12	0,29	10,5	12	
	5-10	186	1,511	1,62	1,78	144,2	26	0,26	21,0	25	
	10-15	186	1,477	1,59	1,97	156,4	28	0,29	22,8	27	
	15-20	186	1,249	1,34	1,94	130,2	23	0,30	20,2	24	
Σ	0-20		5,558	1,49		561,6			83,7		6,7
111	0-5	620	4,694	1,51	2,79	211,3	32	0,41	31,2	31	
	5-10	620	5,884	1,90	1,13	106,9	16	0,16	15,7	16	
	10-15	620	5,724	1,85	1,24	114,8	17	0,18	17,0	17	
	15-20	620	5,100	1,64	1,03	84,8	13	0,16	13,2	13	
	20-30	620	8,441	1,36	1,72	140,4	21	0,27	22,7	23	
Σ	0-30		29,861	1,60		658,2			99,8		6,6

Таблица 6 (продолжение)

Номер участка	Глубина (см)	Площадь ($см^2$)	Вес в сухом состоянии (кг)	Плотность в сухом состоянии ($г/см^3$)	^{137}Cs (кБк/кг)	^{137}Cs ($кБк/м^2$)	В % от общего количества	^{134}Cs (кБк/кг)	^{134}Cs ($кБк/м^2$)	В % от общего количества	Соотношение $^{137}Cs/^{134}Cs$
					(в) Лес						
110	0-2,5	186	0,152	0,33	60,1	490,4	50	9,32	76,2	51	
	2,5-5	186	0,569	1,22	11,06	338,3	35	1,73	52,9	35	
	5-10	186	1,532	1,65	1,75	144,2	15	0,26	21,0	14	
Σ	0-10		2,253	1,21	972,9				150,1		6,5
153	0-2,5	186	0,331	0,7	57,42	1021,9	92	8,94	159,2	92	
	2,5-5	186	0,781	1,68	1,28	53,7	5	0,18	7,8	5	
	5-10	186	1,237	1,33	0,37	24,3	2	0,05	3,5	2	
	10-15	186	1,816	1,95	0,15	14,5	1	0,02	2,1	1	
Σ	0-15		4,165	1,49	1114,4				172,6		6,4

борников большого объёма внутри и вне помещений (до 3 часов с расходом до 0,4 $м^3$/мин) и каскадного импактора (0,85 $м^3$/мин). При прохождении через шестиступенчатый каскадный импактор задерживались частицы с аэродинамическим диаметром от >8,5 мкм (ступень 1) до <0,58 мкм (ступень 6). Все пробы прошли гамма-спектрометрический анализ. Подробное описание места отбора проб и условий отбора дано в табл. 7-9 и на рис. 32. Результаты приводятся в табл. 10-12. Международной группе экспертов не было представлено набора советских данных.

Единственным радионуклидом, обнаруженным в аэрозольных образцах, был цезий-137. Во всех образцах проб, за исключением пробы 9, не была обнаружена активность в пределах диапазона измерения приборов. Фильтр с пробой 9 находился у человека, работавшего в саду. Он был затемнён осаждёнными на нём веществами сильнее, чем все другие фильтры. Концентрация цезия-137 в пробах, собранных пробоотборником большого объёма, была, в целом, низкой и составляла от 0,38 и до 2,3 $Бк/м^3$ в помещениях и от <0,33 до 3,2 $Бк/м^3$ вне помещения.

Пробы, отобранные на разной высоте (№ О-13 и О-14), показывают, что потенциально существует возможность локализованного повторного взвешивания, так как концентрация цезия-137 непосредственно вокруг образцов была выше на нижней высоте отбора проб.

Результаты измерений, проведённых каскадным импактором, показывают, что наличие цезия-137 характеризуется присутствием частиц с аэродинамическим диаметром больше 3,45 мкм, так как после прохождения второй ступени (от 3,45 до 8,3 мкм) ни в одном случае не наблюдалось наличия активности (табл. 12).

3.1.4. Проведение полевой гамма-спектрометрии

Полевая гамма-спектрометрия проводилась с целью измерения уровня потока радиоктивных частиц вне и внутри помещений. Измерения производились при помощи германиевого детектора (КПД равен 45%) на расстоянии 1 м от поверхности земли. Рассматривался диапазон энергий в пределах от 50 до 4000 кэВ (время счёта до 10 мин). Для пересчёта величины, соответствующей пику измерения при полном поглощении в воздухе или радиоактивности на единицу площади, пробы почвы отбирались на различной глубине и были проанализированы в лабораторных условиях методом гамма-спектрометрии [15]. При проведении измерений внутри помещений профиль глубины брался как постоянная величина. Хотя в помещениях величина отношения рассеянного потока к первичному потоку выше, чем вне помещений, этод метод позволяет примерно из-

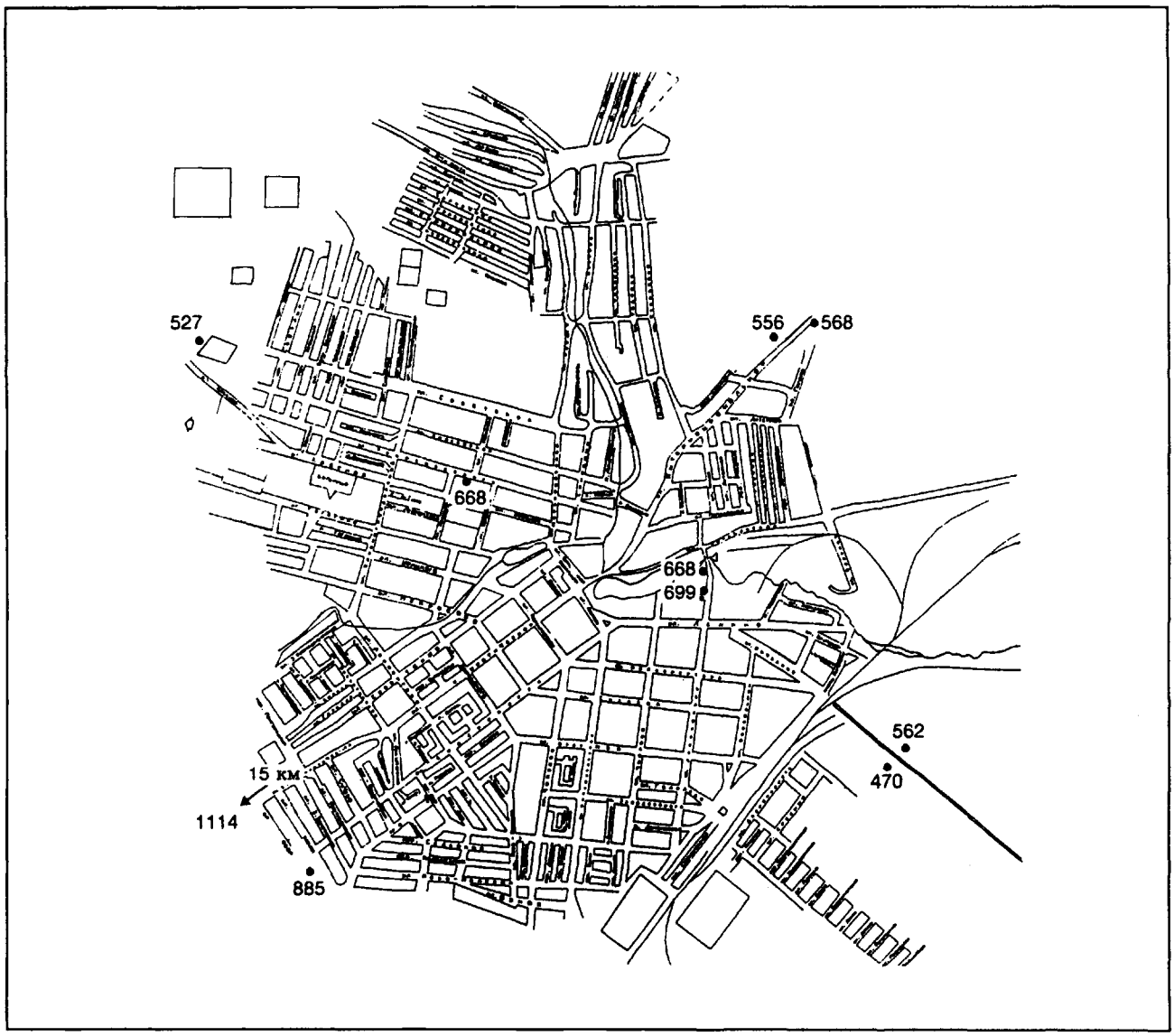


Рис. 31. Выпадение цезия-137 на землю (кБк/м^2) в Новозыбкове на основе данных, полученных группой международных экспертов Проекта. [Источник: К. Миллер и его группа]

мерить дозу, полученную в результате радиоактивных выпадений и от естественных источников гамма-излучения.

Результаты проведённого на месте гамма-спектрометрического анализа вне и внутри помещений представлены в табл. 13 и 14. Список мест проведения измерений, представленный в этих таблицах, соответствует нумерации на рис. 23. Величины мощности дозы, полученные при помощи германиевого детектора, согласуются со значениями, полученными при помощи ионизационных камер под давлением.

Основными источниками гамма-излучения, обнаруженными вне помещений, являются цезий-137 и цезий-134, а также сурьма-125 и рутений-106 при значительно более низком содержании двух последних радионуклидов. Остальные максимальные значения в спектрах приходятся на природные радионуклиды. 70% мощности дозы составляют радионуклиды цезия-137, 30% — цезия-134.

В кирпичных домах мощность дозы была в среднем ниже, чем в деревянных из-за более низкого значения коэффициента защиты последних. Более высокие мощности дозы, очевидно, в результате выпадения радиоактивных веществ, наблюдались только в каменных домах, которые на момент аварии находились в стадии строительства (например, участки отбора проб 200 и 205).

Таблица 7

Описание условий отбора отдельных аэрозольных проб в Новозыбкове.
(Отбор проб проведен международной группой.) [*Источник: К. Миллер и его группа*]

Проба	Дата	Время	Обычное местонахождение и характер работы участника
P-1	90/7/26	07:40–18:00	На улицах, в полях и научно-исследовательской лаборатории
P-2	90/7/27	09:55–18:30	На улицах, в полях, домах и научно-исследовательской лаборатории
P-3	90/7/27	10:00–18:30	На улицах, в полях, домах и научно-исследовательской лаборатории
P-4	90/7/27	15:25–23:05	На пошивочной фабрике, работа за швейной машинкой
P-5	90/7/27	15:25–23:05	На пошивочной фабрике, работа за швейной машинкой
P-6	90/7/27	15:25–23:05	На пошивочной фабрике, работа за швейной машинкой
P-7	90/7/28	10:15–18:05	В месте проживания, выполнение ежедневной работы на личном участке
P-8	90/7/28	11:10–18:50	Работа в лаборатории и выполнение ежедневных обязанностей по хозяйству
P-9	90/7/28	12:05–18:35	В месте проживания, выполнение ежедневных домашних дел по хозяйству и на личном участке
P-10	90/7/28	12:05	В частном доме, выполнение ежедневных обязанностей вокруг дома
P-11	90/7/30	11:00–18:00	В частном доме, выполнение ежедневных обязанностей вокруг дома
P-12	90/7/30	11:15–16:40	Вне жилого здания, занят очисткой фасада здания пескоструйкой
P-13	90/7/30	11:25–16:35	На обочине оживленной улицы, выполняет дорожные работы
P-14	90/7/31	07:35–16:00	Работа с разъездами по городу в машине, обязанности по хозяйству в собственном доме
P-15	90/7/31	09:20–17:15	На личном участке, работа с машинами и на участке
P-16	90/8/1	09:40–17:55	Поездки по городу в качестве шофера
P-17	90/8/1	10:25–17:25	На ферме в Новом Месте, выполнение работы на ферме
P-18	90/8/1	10:30–17:20	На ферме в Новом Месте, выполнение работы на ферме
P-19	90/8/1	10:40–17:25	Работа на ферме в Новом Месте на тракторе
P-20	90/8/1	10:45–17:20	На ферме в Новом месте, выполнение работы на ферме
P-21	90/8/2	09:30–16:50	На улицах, в полях и лаборатории
P-22	90/8/2	11:00–16:30	На продовольственном складе, водитель вилочного подъемника
P-23	90/8/2	11:05–16:30	На продовольственном складе, работа в загрузочном отделении
P-24	90/8/2	11:15–16:35	На продовольственном складе, служащий
P-25	90/8/3	09:20–18:20	На улицах, в полях и научно-исследовательской лаборатории
P-26	90/8/3	11:30–17:20	В больнице, технический работник
P-27	90/8/3	11:35–17:25	В больнице, технический работник
P-28	90/8/3	11:50–17:35	В больнице, технический работник

3.2. Исследования, проведенные в Брагине (БССР), Полесском и Далете (УССР)

С 22 июля по 5 августа 1990 года группа экспертов провела наблюдения в населенных пунктах Брагин, Полесское и Далета.

Население Брагина составляет 5888 человек. Город занимает площадь приблизительно 4 × 4 кв. км. Город состоит из старой части (в основном одноэтажные деревянные дома) и нового района (преимущественно многоэтажные дома). Этот населенный пункт находится на территории с загрязнением 1–40 Ки/км^2 (37–1480 кБк/м^2) (рис. 35), а указанный в официальных данных средний уровень загрязнения местности составляет 22 Ки/км^2 (814 кБк/м^2) (табл. 1).

Таблица 8

Описание условий отбора аэрозольных проб большого объема в Новозыбкове.
(Отбор проб проведен международной группой.) [Источник: К. Миллер и его группа]

Проба	Номер	Дата	Время суток	Место-нахождение	Высота отбора (м)	Описание участка	Погодные условия
О-1	А-10	90/7/26	10:30–12:45	снаружи	0,8	На мощеной дорожке позади здания	Частичная облачность, сухо
О-2	А-10	90/7/26	12:45–14:45	снаружи	0,8	На мощеной дорожке позади здания	Облачно, небольшой дождь
О-3	А-7	90/7/26	15:15–16:45	снаружи	1,0	На открытом лугу в 150 м от мощеной дороги	Частичная облачность, сухо
О-4	А-8	90/7/26	15:50–17:55	снаружи	0,4	На недорогих местах на спортивном стадионе	Слабый ветер, возможна гроза
О-5	А-15	90/7/27	10:25–13:50	внутри	1,0	В большом помещении третьего этажа пошивочной фабрики	Слабый ветер, возможна гроза
О-6	А-15	90/7/27	10:35–13:40	снаружи	1,0	За пошивочной фабрикой около начала дороги	Частичная облачность, сухо
О-7	А-22	90/7/27	16:45–18:05	снаружи	1,0	На лугу с несколькими невысокими деревьями	Облачно, небольшой дождь
О-8	А-23	90/7/27	17:20–18:05	снаружи	4,0	На крыше гаража рядом с проселочной дорогой с небольшим движением	Облачно, небольшой дождь
О-9	А-17	90/7/28	10:30–12:45	снаружи	1,8	На столбе в частном дворе	Частичная облачность, сухо
О-10	А-2	90/7/28	11:25–13:55	внутри	0,5	В кухне частного дома	Частичная облачность, сухо
О-11	А-3	90/7/28	15:50–17:20	снаружи	0,3	В 5 м от умеренно загруженной проселочной дороги	Слабый ветер, возможен дождь
О-12	А-4	90/7/28	16:20–17:55	снаружи	0,3	На участке личного подворья	
О-13	А-9	90/7/29	10:30–12:30	снаружи	2,0	Снаружи здания в 5 м от дороги с покрытием	Частичная облачность, сухо, легкий ветер
О-14	А-9	90/7/29	10:30–12:30	снаружи	9,0	За окном второго этажа здания	Частичная облачность, сухо, легкий ветер
О-15	А-25	90/7/30	12:30–16:00	снаружи	0,3	В частном дворе, огороженном забором	Частичная облачность, сухо, слабый ветер
О-16	А-25	90/7/30	12:35–16:05	внутри	1,0	Внутри небольшой комнаты частного здания	
О-17	А-20	90/7/30	16:20–17:30	снаружи	0,2	В 6 м от дороги с покрытием и интенсивным движением	Частичная облачность, сухо, легкий ветер
О-18	А-11	90/7/31	10:40–12:35	снаружи	0,8	На игровой площадке школьного двора	Частичная облачность, сухо, легкий ветер
О-19	А-11	90/7/31	10:50–12:30	внутри	0,8	В коридоре школьного здания	
О-20	А-26	90/7/31	14:50–16:20	снаружи	0,3	На большом лугу	Частичная облачность, сухо, легкий ветер
О-21	А-5	90/7/31	16:00–17:30	внутри	0,8	В коровнике	
О-22	А-1	90/8/1	12:15–14:50	внутри	0,8	Внутри кухни частного дома	
О-23	А-21	90/8/1	15:50–18:00	внутри	0,8	Внутри жилой комнаты частного дома	
О-24	А-21	90/8/1	16:10–17:55	снаружи	0,5	В саду частного подворья	Частичная облачность, сухо, легкий ветер
О-25	А-29	90/8/2	10:55–12:30	внутри	1,4	Внутри продовольственного склада у места движения вилочных подъемников	
О-26	А-28	90/8/2	11:10–12:35	внутри	1,0	В конференцзале второго этажа комплекса служебных зданий	
О-27	А-13	90/8/2	14:30–16:15	снаружи	1,0	На открытом лугу	Частичная облачность, сухо, слабый ветер
О-28	А-14	90/8/2	14:45–16:20	снаружи	0,5	5 м от проселочной дороги с интенсивным движением	Частичная облачность, сухо, легкий ветер

Таблица 8 (продолжение)

Проба	Номер	Дата	Время суток	Место-нахождение	Высота отбора (м)	Описание участка	Погодные условия
О-29	А-6	90/8/3	11:15–12:55	внутри	2,0	В небольшом помещении больницы на первом этаже	
О-30	А-16	90/8/3	14:50–16:55	внутри	0,8	На пятом этаже жилой комнаты в жилом комплексе	
О-31	А-19	90/8/3	15:10–16:45	снаружи	0,5	Внутри огороженного забором двора у боковой части начала дороги	Частичная облачность, сухо
О-32	А-12	90/8/3	15:20–16:40	снаружи	1,0	На ступенях магазина в 10 м от проселочной дороги	Частичная облачность, сухо
О-33	А-24	90/8/4	11:00–12:20	внутри	1,5	Внутри спальни частного дома	
О-34	А-24	90/8/4	11:05–12.25	снаружи	0,5	На небольшом огороженном забором дворе	Дымка, временами слабый ветер
О-35	А-18	90/8/4	15:00–17:00	снаружи	1,2	На огороженном забором частном дворе	Дымка, временами слабый ветер

Таблица 9

Условия отбора проб импакторных аэрозолей в Новозыбкове.
(Отбор проб проведен международной группой.) [*Источник: К. Миллер и его группа*]

Проба	Номер	Дата	Время суток	Описание участка	Погодные условия
I-1	А-10	90/7/31	9:15–18:00	На мощеной дороге за зданием	Облачно, слабый ветер
I-2	А-5	90/8/1	10:15–17:30	У коровника и проселочной дороги с небольшим движением	Частичная облачность, слабый ветер
I-3	А-29	90/8/2	10:50–16:30	На загрузочных площадках продовольственного склада	Облачно, небольшой дождь
I-4	А-6	90/8/3	11:00–17:05	Около дороги с небольшим движением за больницей	Облачно, ветренно
I-5	А-27	90/8/4	10:10–16:50	На дорожке с покрытием перед сельской школой	Дымка, ветренно

В поселке городского типа Полесское проживает около 11 800 человек. Площадь поселка составляет приблизительно 4 × 4 кв. км. В основном поселок застроен небольшими одноэтажными домами, возле которых имеются личные участки. В поселке есть также четырехэтажные и пятиэтажные дома. Часть площади занята под производство. Радиоактивные осадки на данной территории носили различный характер, что может быть замечено при изучении карт радиоактивного загрязнения, составленных в СССР. Согласно этим картам поселок находится на территории с загрязнением 15–40 Ки/км^2 (555–1480 кБк/м^2). Средний официально признанный уровень радиоактивного загрязнения составляет 34 Ки/км^2 (1258 кБк/м^2) (табл. 1).

Поселок Далета в УССР расположен на северо-западе Овручского района возле границы с БССР. Население поселка составляет приблизительно 240 человек. Поселок застроен одноэтажными домами. Через населенный пункт проходят грунтовые дороги. Люди выращивают овощи на собственных участках. Многие жители держат коров. Данный населенный пункт находится на территории с загрязнением 1–5 Ки/км^2 (37–185 кБк/м^2), среднее значение уровня загрязнения — 2 Ки/км^2 (74 кБк/м^2) (табл.1).

Измерения мощности внешней дозы гамма-облучения во всех трех населенных пунктах проводились как в помещениях, так и на открытом воздухе. В Брагине и Полесском были проведены гамма-спектрометрические исследования вне

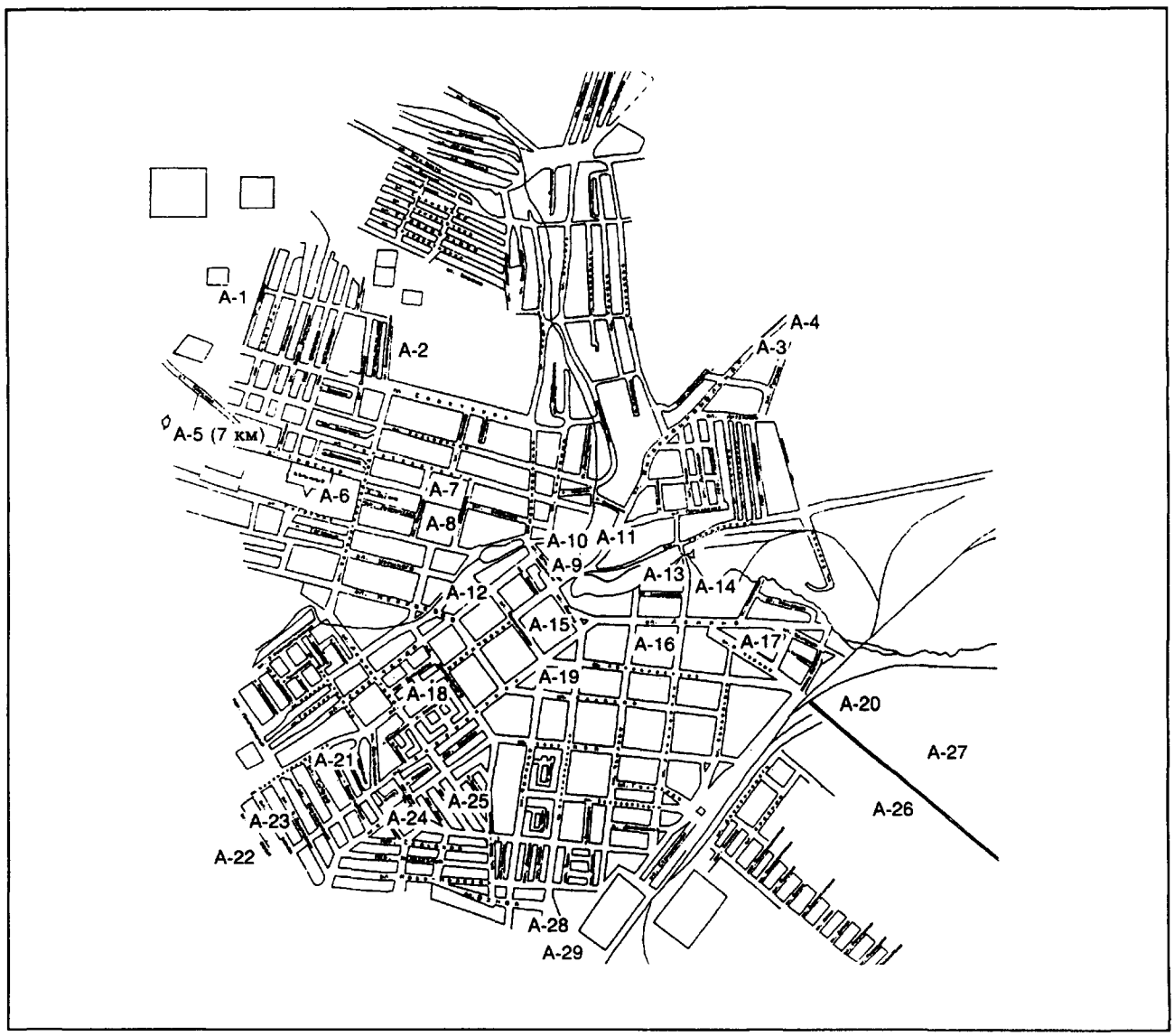


Рис. 32. Места отбора проб аэрозолей в Новозыбкове. [Источник: К. Миллер и его группа]

помещений с целью количественной оценки уровней цезия-137 и цезия-134. Кроме того, в Брагине и Полесском проводились измерения концентрации радионуклидов и профилей загрязнения почвы по глубине. В Далете и Брагине проводились измерения концентрации радона в помещениях с целью определения вклада основного компонента естественного радиационного фона. Наряду с этим обсуждались результаты анализа "горячих" частиц, обнаруженных в Полесском.

3.2.1. Измерения мощности дозы

Поскольку в состав группы экспертов входили представители различных стран, для измерения мощности дозы применялись разные приборы. Одна из использовавшихся моделей представляла собой сцинтилляционный детектор ZnS; все остальные приборы были счетчиками Гейгера-Мюллера. Для обеспечения возможности сравнения результатов измерений в помещениях и на открытом воздухе было трижды проведено взаимосравнение приборов. На основании результатов проведенных испытаний используемые приборы были признаны взаимозаменяемыми.

Были обследованы следующие участки:

— *Вне помещений:* участки, покрытые травой, возделываемые земли, участки с неповрежденным покрытием, участки, покрытые асфальтом, и др. (например, крыши домов).
— *В помещениях:* деревянные и каменные строения, жилые дома, жители которых выборочно участвовали в программе МАГАТЭ по индивидуальной дозиметрии.

Таблица 10

Активность цезия-137 в отдельных аэрозольных пробах в Новозыбкове.
(Отбор проб проведен международной группой.) [*Источник: К. Миллер и его группа*]

Проба	Дата	Время (мин)	Обьем ($м^3$)	Активность (мБк)[a]	Ошибка (±СО)[b]	Концентрация (мБк/$м^3$)
Р-1	90/7/26	505	0,73	*		<25
Р-2	90/7/27	515	0,95	*		<19
Р-3	90/7/27	510	0,92	*		<20
Р-4	90/7/27	460	0,61	*		<30
Р-5	90/7/27	460	0,65	*		<28
Р-6	90/7/27	460	0,67	*		<27
Р-7	90/7/28	470	0,85	*		<21
Р-8	90/7/28	400	0,74	*		<24
Р-9	90/7/28	390	0,45	7,5	0,8	17
Р-10	90/7/28	Проба низкого качества				
Р-11	90/7/30	420	0,78	*		<23
Р-12	90/7/30	325	0,46	0	7	<15
Р-13	90/7/30	310	0,45	*		<40
Р-14	90/7/31	505	0,91	0	7	<7,7
Р-15	90/7/31	475	0,57	0	3	<5,3
Р-16	90/8/1	495	0,90	*		<20
Р-17	90/8/1	420	0,61	*		<30
Р-18	90/8/1	410	0,58	*		<31
Р-19	90/8/1	405	0,54	0	18	<33
Р-20	90/8/1	375	0,45	*		<40
Р-21	90/8/2	440	0,81	0	3	<3,7
Р-22	90/8/2	330	0,47	*		<38
Р-23	90/8/2	325	0,47	*		<38
Р-24	90/8/2	320	0,43	*		<42
Р-25	90/8/3	540	1			<18
Р-26	90/8/3	350	0,47	*		<38
Р-27	90/8/3	350	0,49	*		<37
Р-28	90/8/3	345	0,49	*		<37

[a] Эти пробы прошли проверку на радиоактивность в соответствии с вышеупомянутыми методами.
[b] СО — стандартное отклонение.

На местах работа проводилась следующим образом: либо считывались показания одного и того же прибора с последующим вычислением среднего значения (стандартное время замера — 30–60 с), либо рассчитывалось среднее значение показаний нескольких приборов.

Подробные результаты измерений мощности индивидуальной дозы (μЗв/ч) приводятся в табл. 15–21 для Брагина, табл. 22–24 для Полесского и табл. 25 для Далеты. Средние значения, стандартное отклонение, среднестатистические, минимальные и максимальные значения приве-

Таблица 11

Активность цезия-137 в аэрозольных пробах большого объема в Новозыбкове.
(Отбор проб проведен международной группой.) [*Источник: К. Миллер и его группа*]

Проба	Дата	Время (мин)	Объем ($м^3$)	Активность (мБк)[a]	Ошибка (±СО)[b]	Концентрация (мБк/$м^3$)
О-1	90/7/26	135	63,5	0	20	<0,63
О-2	90/7/26	120	56,4	0	18	<0,64
О-3	90/7/26	90	9,3	0	6	<1,3
О-4	90/7/26	125	56,3	13	1	0,46
О-5	90/7/27	205	92,3	22	4	0,48
О-6	90/7/27	185	83,3	110	11	2,6
О-7	90/7/27	80	8,7	0	10	<2,3
О-8	90/7/27	45	20,7	0	17	<1,6
О-9	90/7/28	135	60,8	0	10	<0,33
О-10	90/7/28	150	69	13	2	0,38
О-11	90/7/28	90	9,5	9	1	1,9
О-12	90/7/28	95	42,8	0	29	<1,4
О-13	90/7/29	120	55,2	43	6	1,6
О-14	90/7/29	120	54	25	4	0,93
О-15	90/7/30	210	96,6	110	11	2,3
О-16	90/7/30	210	94,5	110	11	2,3
О-17	90/7/30	70	7,7	0	17	<4,4
О-18	90/7/31	115	50,6	0	20	<0,79
О-19	90/7/31	100	46	12	2	0,52
О-20	90/7/31	90	9,5	0	7	<1,5
О-21	90/7/31	90	42,3	28	3	1,3
О-22	90/8/1	155	72,9	0	17	<0,47
О-23	90/8/1	130	59,8	0	15	<0,50
О-24	90/8/1	105	10,3	0	12	<2,3
О-25	90/8/2	95	41,8	14	2	0,67
О-26	90/8/2	85	40	0	17	<0,85
О-27	90/8/2	105	10,3	9	2	1,7
О-28	90/8/2	95	42,8	69	6	3,2
О-29	90/8/3	100	40	0	21	<1,1
О-30	90/8/3	125	56,3	27	4	0,96
О-31	90/8/3	95	44,7	54	5	2,4
О-32	90/8/3	80	8,7	11	2	2,5
О-33	90/8/4	80	36,8	0	24	<1,3
О-34	90/8/4	80	34,4	0	24	<1,4
О-35	90/8/4	120	50,4	43	8	1,7

[a] Активность регистрируется только для половины каждого фильтра.
[b] СО — стандартное отклонение.

Таблица 12

Активность цезия-137 в пробах импакторных аэрозолей в Новозыбкове.
(Отбор проб проведен международной группой.) [Источник: К. Миллер и его группа]

Проба	Дата	Время (мин)	Объем ($м^3$)	Активность (мБк)[a]	Ошибка (±СО)[b]	Концентрация (мБк/$м^3$)
I-1/1	90/7/31	525	441	33	5	0,15
I-1/2	90/7/31	525	441	0	15	<0,068
I-1/3	90/7/31	525	441	0	6	<0,027
I-1/4	90/7/31	525	441	0	16	<0,073
I-1/5	90/7/31	525	441	0	15	<0,068
I-1/6	90/7/31	525	441	0	16	<0,13
I-1 всего	90/7/31	525	441	33		≥0,15
I-2/1	90/8/1	435	365	92	6	0,5
I-2/2	90/8/1	435	365	39	4	0,21
I-2/3	90/8/1	435	365	0	6	<0,033
I-2/4	90/8/1	435	365	0	6	<0,033
I-2/5	90/8/1	435	365	0	14	<0,077
I-2/6	90/8/1	435	365	0	16	<0,16
I-2 всего	90/8/1	435	365	130		≥0,71
I-3/1	90/8/2	340	286	140	6	0,97
I-3/2	90/8/2	340	286	52	5	0,36
I-3/3	90/8/2	340	286	0	14	<0,098
I-3/4	90/8/2	340	286	0	16	<0,11
I-3/5	90/8/2	340	286	0	14	<0,98
I-3/6	90/8/2	340	286	0	16	<0,20
I-3 всего	90/8/2	340	286	190		≥1,3
I-4/1	90/8/3	365	307	140	4	0,93
I-4/2	90/8/3	365	307	49	6	0,32
I-4/3	90/8/3	365	307	0	20	<0,13
I-4/4	90/8/3	365	307	0	6	<0,039
I-4/5	90/8/3	365	307	0	11	<0,072
I-4/6	90/8/3	365	307	0	16	<0,18
I-4 всего	90/8/3	365	307	190		≥1,3
I-5/1	90/8/4	400	336	27	3	0,16
I-5/2	90/8/4	400	336	0	19	<0,11
I-5/3	90/8/4	400	336	0	18	<0,11
I-5/4	90/8/4	400	336	0	16	<0,095
I-5/5	90/8/4	400	336	0	5	<0,030
I-5/6	90/8/4	400	336	0	18	<0,19
I-5 всего	90/8/4	400	336	27		≥0,16

[a] Активность регистрируется только для половины каждого фильтра на стадиях 1–5 и около 28% каждого фильтра на стадии 6.

[b] СО — стандартное отклонение.

Таблица 13

Измерение гамма-спектра вне помещений в Новозыбкове.
(Отбор проб проведен международной группой.) [*Источник: К. Миллер и его группа*]

Участок	Описание участка	Мощность в воздухе (нГр/ч)						
		Cs-137	Cs-134	Sb-125	Ru-106	Фон[а]	Всего	PIC[b]
20	поле	263	109	3	3	48	426	461
39	поле	416	173	5	6	60	660	671
63	поле	937	399	12	12	44	1404	1560
73	поле	432	174	3	5	61	675	701
95	поле	646	260	7	4	57	974	995
109	поле	1220	539	11	11	47	1848	1763
113	поле	539	219	7	4	48	817	844
166	поле	623	254	7	5	58	947	958
110	лес	1187	471	14	9	44	1725	1717
153	лес	1290	519	15	7	42	1873	1991
76	сад	266	106	4	3	62	441	439
167	сад	447	181	5	4	56	693	613
200	сад	378	159	5	6	53	601	629
96	вспаханный участок	218	92	3	3	65	381	385
111	вспаханный участок	325	131	5	3	49	513	499
40	асфальт	15	NM[в]	NM[в]	NM[в]	NM[в]	NM[в]	117

[а] Включает цепочку U-238, Th-232, K-40 и эквивалент космических лучей.
[b] PIC — ионизационная камера под высоким давлением.
[в] NM — нет измерений.

Таблица 14

Измерение гамма-спектра внутри помещений в Новозыбкове (приблизительные значения мощности доз). *(Отбор проб проведен международной группой.)* [*Источник: К. Миллер и его группа*]

Участок	Описание участка	Мощность дозы в воздухе (Гр/ч)[а]				
		Cs-137	Cs-134	Фон[б]	Всего	PIC[в]
81	деревянный дом	29	14	76	119	125
167	деревянный дом	16	5	70	91	115
—	кирпичный дом	14	6	49	69	87
200	кирпичный дом[г]	54	23	61	138	154
204	кирпичный дом[г]	79	34	70	183	197

[а] Исключая PIC — измерения, величины даются приблизительно и должны использоваться в качестве относительной, а не абсолютной основы.
[б] Фон включает цепочки U-238, Th-232, K-40 и эквивалент космических лучей.
[в] PIC — ионизационная камера под высоким давлением.
[г] Построен до или после аварии.

Таблица 15

Брагин. Измерения мощности дозы вне помещений, в основном на участках с травяным покрытием. *(Отбор проб проведен группой международных экспертов.)* [*Источник: Х. Леттнер и его группа*]

Номер пробы	Местонахождение	Описание участка	Мощность дозы (μЗв/ч)	
			Прибор № 1	№ 2
11	Сквер перед рестораном "Брагин"	Покрыт травой	0,45	
31	Советская, здание банка	Покрыт травой	0,50	
51	Советская, 100 м к северу от банка	Покрыт травой, частично заасфальтирован	0,80	
61	Советская,100 м к северу от банка	Покрыт травой, частично заасфальтирован	0,60	
91	Советская	Покрыт травой, частично заасфальтирован	0,30	
181	Мамкина, 40, тротуар	Покрыт травой	0,45	
191	Мамкина, 30	Покрыт травой	0,40	
201	Мамкина, 13	Покрыт травой	0,50	
251	Скорохода, 17	Покрыт травой	0,40	
301	Партизанская, 11	Покрыт травой	0,35	
321	Партизанская, 19	Покрыт травой	0,36	
341	Партизанская, 37	Покрыт травой	0,34	
371	Партизанская, переход около пруда	Покрыт травой	0,20	
381	Партизанская, переход у угла улицы	Покрыт травой	0,22	
391	Партизанская, переход	Покрыт травой	0,34	
401	Партизанская, переход в северо-западной части	Покрыт травой	0,42	
421	Зеленая, 7	Покрыт травой	0,38	
461	Колхозная машинная станция	Покрыт травой	0,41	
491	Пересечение улицы Зеленой и Калинина	Покрыт травой	0,23	
511	Калинина, 8	Покрыт травой	0,32	
551	Пионерская, напротив дома 35	Покрыт травой	0,27	
571	Лужайка на Пионерской	Покрыт травой	0,51	
591	Пионерская, 24	Покрыт травой	0,38	
601	Пионерская, 14	Покрыт травой	0,37	
651	Около магазина на ул. Пионерской	Покрыт травой	0,23	
671	Лужайка к западу от главной улицы	Покрыт травой	0,42	
681	50 м к югу-западу от лужайки западной части главной улицы	Покрыт травой	0,51	
691	150 м к югу-западу от лужайки западной части главной улицы	Покрыт травой	0,68	
701	300 м к юго-западу от лужайки западной части главной улица	Покрыт травой	0,72	

Таблица 15 (продолжение)

Номер пробы	Местонахождение	Описание участка	Мощность дозы (μЗв/ч) Прибор № 1	№ 2
73l	Манжоса, 18	Покрыт травой	0,57	
74l	Манжоса, 26	Покрыт травой	0,21	
75l	Гагарина, 31	Покрыт травой	0,42	
76l	Гагарина	Покрыт травой	0,29	
83l	Первомайская, 35	Покрыт травой	0,36	
84l	Комсомольская, 15	Покрыт травой	0,20	
88l	Комсомольская, напротив 44	Покрыт травой	0,37	
90l	Комсомольская, 45 конец улицы	Покрыт травой	0,22	
1z	Спортплощадка	Покрыт травой	0,68	
2z	Метеостанция	Покрыт травой	1,32	
3z	Метеостанция (задний двор)	Покрыт травой	1,92	
4z	Площадка для обучения автовождению	Песчаная почва с травяным покрытием	0,51	
5z	Мемориальный парк	Песчаная почва с травяным покрытием	0,90	
6z	Перед рестораном "Брагин"	Травяной тротуар	0,45	
7z	У ресторана "Брагин"	Покрыт травой	1,32	
8z	Почта, Советская, 15	Покрыт травой	0,61	
9z	Советская, 21	Покрыт травой	0,63	
10z	Советская, 29	Покрыт травой	0,67	
11z	Советская, 37	Покрыт травой	0,73	
12z	Советская, 45	Покрыт травой	0,65	
13z	Советская, 45, сад	Покрыт травой	1,42	
14z	Советская, 49	Покрыт травой	0,70	
15z	Советская, 69	Покрыт травой	0,37	
16z	Советская, 79	Покрыт травой	0,25	
17z	Партизанская, 2	Покрыт травой	0,34	
18z	Мамкина, 54	Покрыт травой	0,29	
20z	Мамкина, 56	Покрыт травой	0,36	
21z	Мамкина, 42	Покрыт травой	0,49	
22z	Мамкина, 36	Покрыт травой	0,83	
23z	Мамкина, 28	Покрыт травой	0,85	
24z	Мамкина, 3	Покрыт травой	0,81	
25z	Мамкина, 4	Покрыт травой	0,83	
29z	Лужайка у магазина на ул. Мамкина	Покрыт травой	0,80	

Таблица 15 (продолжение)

Номер пробы	Местонахождение	Описание участка	Мощность дозы (μЗв/ч)	
			Прибор № 1	№ 2
30z	Парк у магазина на ул. Мамкина	Песчаная почва с травяным покрытием	0,72	
31z	То же немного дальше на юг на ул. Мамкина	Песчаная почва с травяным покрытием	0,72	
32z	Скорохода, 16	Покрыт травой	1,12	
33z	Скорохода, 8	Покрыт травой	1,20	
35z	Скорохода, 6	Покрыт травой	0,86	
37z	Скорохода, 10	Покрыт травой	0,70	
40z	Партизанская, 22	Покрыт травой	0,60	
41z	Партизанская, 34	Покрыт травой	0,69	
42z	Партизанская, 36	Покрыт травой	0,33	
43z	Партизанская, перекресток через главную улицу	Покрыт травой	0,51	
44z	Партизанская, то же как и номер 43 по дороге	Покрыт травой	0,17	
45z	Перед телевизионной башней	Покрыт травой	0,72	
47z	Вход в телевизионную башню	Покрыт травой	0,31	
48z	Переход у зеленой лужайки	Покрыт травой	0,56	
49z	Колхозная машинная станция	Покрыт травой	0,45	
50z	Зеленая, 43	Покрыт травой	0,35	
51z	Калинина, 19	Покрыт травой	0,33	
55z	Пионерская, 25	Покрыт травой	0,35	
56z	Пионерская, 21, сад	Покрыт травой	0,60	
57z	Пионерская, 3	Покрыт травой	0,32	
58z	Пионерская, переход через главную улицу	Покрыт травой	0,42	
59z	Луговая, 2	Покрыт травой	0,55	
60z	Луговая, 16	Покрыт травой	0,62	
61z	Главная улица, 1/2, телевизионная башня и пожарная часть	Покрыт травой	0,70	
62z	Манжоса, 18	Покрыт травой	0,43	
63z	Пересечение Манжоса и Гагарина	Покрыт травой	0,35	
64z	Гагарина, 40	Покрыт травой	1,12	
65z	Гагарина, новые жилые дома	Покрыт травой	0,69	
66z	Первомайская, 10	Покрыт травой	0,28	
67z	Первомайская, 22	Покрыт травой	0,55	
68z	Комсомольская, 8	Покрыт травой	0,55	
69z	Комсомольская, 22	Покрыт травой	0,30	
70z	Комсомольская, 46	Покрыт травой	0,30	

Таблица 15 (продолжение)

Номер пробы	Местонахождение	Описание участка	Мощность дозы (μЗв/ч)	
			Прибор № 1	Прибор № 2
1s	Советская	Покрыт травой	0,28	0,28
2s	Советская, 96	Покрыт травой	0,22	0,30
3s	Советская, 100/103	Покрыт травой	0,22	0,19
4/as	Советская, 104	Покрыт травой	0,19	0,19
5s	Советская, 116/94	Покрыт травой	0,20	0,20
6s	Советская, 118	Покрыт травой	0,22	0,15
7s	Советская, 118 у дома	Покрыт травой	0,28	0,28
8s	Советская, 132/111	Покрыт травой	0,22	0,27
9s	Советская, 117/142	Покрыт травой	0,20	0,28
11s	Советская, Аваресар, конец дороги	Покрыт травой	0,14	0,14
13/a	Советская, 148/119	Покрыт травой	0,40	0,49
14s	Советская, 127/154	Покрыт травой	0,28	0,22
15s	Советская, 135/162	Покрыт травой	0,30	0,21
20s	Советская, 182/155	Покрыт травой	0,22	0,20
21s	Советская	Покрыт травой	0,30	0,30
22s	Советская, 192	Покрыт травой	0,24	0,15
23s	Перекресток дороги	Покрыт травой	0,20	0,15
24/as	То же место, Советская, 194	Покрыт травой	0,40	
26s	Последний дом на улице	Покрыт травой	0,14	
27s	Травяной участок пересечения главной дороги ул. Советской	Покрыт травой	0,32	0,34
28s	Первая боковая дорога на улице: 1	Покрыт травой	0,28	0,29
29s	Та же улица, что и для номера 28; 3	Покрыт травой	0,34	0,36
31s	Продолжение	Покрыт травой	0,32	0,32
32s	Номер 27	Покрыт травой	0,30	0,35
33/s	(Дом на повороте)	Покрыт травой	0,20	0,22
33/as	Восточная, сад	Покрыт травой	0,36	0,38
34s	Восточная, открытое поле	Покрыт травой	0,25	
35s	Восточная, 36	Покрыт травой	0,18	0,22
36s	Восточная, 28	Покрыт травой	0,16	0,17
38s	Восточная, лужайка	Покрыт травой	0,44	0,23
38/as	Восточная, лужайка	Покрыт травой	0,36	0,31
39s	Боковая дорога Советской	Покрыт травой	0,34	0,35
40s	Игровая улица, параллельная Советской, переход	Покрыт травой	0,40	0,24
41s	То же, что и номер 40; следующий переход	Покрыт травой	0,24	0,28

Таблица 15 (продолжение)

Номер пробы	Местонахождение	Описание участка	Мощность дозы (μЗв/ч)	
			Прибор № 1	Прибор № 2
42s	То же, что и номер 41; следующий переход	Покрыт травой	0,24	0,26
43s	Улица между домами 42 и 44	Покрыт травой	0,24	
44s	То же, что и номер 42; следующий переход	Покрыт травой	0,40	0,26
45s	Та же улица, номер 103/72	Покрыт травой	0,20	0,23
47s	Та же улица, номер 115	Покрыт травой	0,32	0,34
48s	Та же улица, номер 119	Покрыт травой	0,24	0,25
49s	Лужайка возле дома 48	Покрыт травой	0,38	
50s	Та же улица, номер 125	Покрыт травой	0,25	0,34
51s	Та же улица, номер 129, переход	Покрыт травой	0,26	0,28
52s	Та же улица, номер 182, лужайка	Покрыт травой	0,40	
53s	Та же улица, спортплощадка	Покрыт травой	0,20	
53/as	Та же улица, что и номер 53 на правой стороне	Покрыт травой		0,50
54s	Следующий переход	Покрыт травой	0,32	0,30
55s	Та же улица, дом 47/56	Покрыт травой	0,27	0,35
56s	Последний переход через улицу Советская	Покрыт травой	0,56	0,24
1g	Футбольный стадион	Под деревьями (на месте)	0,70	0,75
2g	То же в 1100 м к северо-востоку	Под деревьями	0,75	0,75
3g	Кирова, 100 м от главной площади	Тротуар с травяным покрытием	0,50	0,40
4g	Кирова, 200 м от главной дороги	Тротуар с травяным покрытием	0,35	0,35
6g	Переход через ул. Кирова от дома 5	Покрыт травой	0,40	0,40
7g	Пересечение улиц Кирова и Пушкина	Покрыт травой	0,40	0,40
8g	Пересечение улиц Кирова и Красноармейской	Покрыт травой,	0,35	0,45
9g	Красноармейская, водоколонка	Покрыт травой, водоколонка	0,30	0,30
10g	Красноармейская, 100 м к северо-западу от дома 9	Покрыт травой	0,40	0,40
11g	Футбольный стадион, центр	Покрыт травой	0,40	0,40
12g	Переход через Красноармейскую — боковая улица (переулок)	Покрыт травой	0,45	0,35
13g	Переулок, 100 м к северу-востоку от дома 12	Покрыт травой	0,30	0,50
14g	Переулок, 200 м к северу-востоку от дома 12	Покрыт травой	0,40	0,45
15g	Переулок, 300 м к юго-востоку от дома	Покрыт травой	0,45	0,40

Таблица 15 (продолжение)

Номер пробы	Местонахождение	Описание участка	Мощность дозы (μЗв/ч)	
			Прибор № 1	Прибор № 2
16g	Переулок, 400 м к юго-востоку от дома 12	Покрыт травой	0,60	0,50
18g	Угол переулка, 50 м к северо-востоку от дома 16	Покрыт травой	0,35	0,40
19g	Тупик, 50 м к северо-западу от дома 18	Покрыт травой	0,55	0,50
20g	ул. Кирова, юго-западная часть парка	Покрыт травой	0,40	0,35
21g	Тупик, 100 м к юго-востоку от дома 20	Покрыт травой	0,40	0,30
22g	Улица, 150 м к югу от дома 20	Покрыт травой	0,55	0,65
23g	Улица, 250 м к югу от дома 20	Покрыт травой	0,50	0,35
24g	ул. Зиновича, напротив дома 23	Покрыт травой		0,55
25g	ул. Зиновича, 100 м к западу от дома 23/24	Покрыт травой	0,30	0,40
26g	ул. Зиновича, 200 м к западу от дома 23/24	Покрыт травой	0,50	0,45
27g	ул. Зиновича, 300 м к западу от дома 23/24	Покрыт травой	0,60	0,65
29g	ул. Зиновича, 150 м от дома 27		0,50	0,65
30g	Переулок у дома 20, ул. Кирова	Покрыт травой	0,70	0,65
31g	ул. Кирова, юго-западная часть парка в 100 м от дома 20	Покрыт травой	0,60	0,70
32g	То же, что и номер 31, 200 м от дома 20	Покрыт травой	0,60	1,05
33g	Пересечение ул. Кирова и ул. Октябрьская	Покрыт травой	0,70	0,70
35g	ул. Октябрьская, 9; 100 м от дома 33	Покрыт травой	0,60	0,80
36g	Пересечение ул. Октябрьская и ул. Песочная	Покрыт травой	0,60	0,45
37g	ул. Октябрьская, конец асфальт. дороги 200 м от дома 36	Покрыт травой	1,20	1,20
38g	Пересечение ул. Октябрьская и ул. Песочная	Покрыт травой	0,80	1,05
39g	ул. Песочная, 100 м от дома 38	Покрыт травой	0,80	0,90
40g	ул. Песочная, 200 м от дома 38	Покрыт травой	0,50	0,85
41g	ул. Кирова, юго-восточная часть площади В.И. Ленина	Покрыт травой	0,60	0,65
42g	ул. Кирова, 100 м к юго-востоку от дома 4	Покрыт травой	—	0,45
44g	ул. Кирова, 11; 100 м к юго-востоку от дома 41	Покрыт травой	—	0,50
46g	ул. Кирова, 19 напротив дома 5	Покрыт травой	0,40	0,40
47g	ул. Кирова, 100 м к юго-востоку от дома 46	Покрыт травой	0,40	0,40
49g	ул. Кирова, 37, пересечение с Красноармейской	Покрыт травой	0,45	0,35
50g	Кирова, 53, 100 м от дома 49	Покрыт травой	0,40	0,45

Таблица 15 (продолжение)

Номер пробы	Местонахождение	Описание участка	Мощность дозы (μЗв/ч)	
			Прибор № 1	Прибор № 2
52g	Кирова, 59	Покрыт травой	0,35	0,25
55g	Кирова, конец деревни	Покрыт травой	0,35	0,35
58g	Красноармейская, 100 м к юго-востоку от номера 49	Покрыт травой	0,35	0,45
61g	Красноармейская, 100 м к востоку от номера 60	Покрыт травой	0,25	0,35
62g	Красноармейская, 200 м к востоку от номера 60	Покрыт травой	0,40	0,40
63g	Красноармейская, 300 м к востоку от тупика	Покрыт травой	0,35	0,45
64g	Красноармейская, 100 м к северо-западу от номера 60	Покрыт травой	0,50	0,55
65g	Красноармейская, 100 м к северо-западу от номера 60	Покрыт травой	0,35	0,35
66g	Пересечение улиц Кирова и Пушкина (как 8)	Покрыт травой	0,35	0,45
67g	Пушкина, 100 м к северо-востоку от номера 66	Покрыт травой	0,40	0,40
69g	Пушкина, 9 (как 59)	Покрыт травой	0,40	0,40
71g	Площадь В.И. Ленина — угол дома	Покрыт травой	0,80	0,60
72g	Октябрьская, 6	Покрыт травой	0,70	0,55
73g	Октябрьская, 12	Покрыт травой	0,70	0,55
74g	Октябрьская, 16/18	Покрыт травой	0,40	0,60
75g	Кирова-Октябрьская	Покрыт травой	0,40	0,40
76g	Кирова, 100 м к северо-западу от номера 75	Покрыт травой	0,40	0,55
81g	То же, только от номера 80 на противоположной стороне	Покрыт травой	—	0,55
84g	Челязе, 19, 300 м к северо-западу от номера 80	Покрыт травой	0,90	0,70
85g	Челязе, 25, 400 м к северо-западу от номера 80	Покрыт травой	0,90	1,20
93g	Кольцевой проезд для транспорта, 50 м от номера 92	Покрыт травой	0,35	0,30
97g	Аэродромная, 100 м к северо-востоку от номера 84	Покрыт травой	1,10	0,70
99g	Аэродромная, 9, 100 м к северу от номера 97	Покрыт травой	1,20	1,20
100g	Аэродромная, 20, 200 м к северу от номера 97, конец деревни	Покрыт травой	0,70	0,90
104g	Советская, 147/149	Покрыт травой	0,35	0,50
105	Комсомольская, 100 м к западу от номера 104	Покрыт травой	0,45	0,45

Таблица 15 (продолжение)

Номер пробы	Местонахождение	Описание участка	Мощность дозы (μЗв/ч)	
			Прибор № 1	№ 2
106	Первомайская, 150 м к северу-востоку от номера 105	Покрыт травой	0,45	0,40
107	Пересечение улиц Первомайской и Советской, 300 м к северо-востоку от номера 105	Покрыт травой	0,40	0,35
109	Советская, 100 м к югу от номера 107	Покрыт травой	0,35	0,30
110	Советская, 200 м к югу от номера 107	Покрыт травой	0,35	0,35
111	Советская, 300 м к югу от номера107 напротив 104	Покрыт травой	0,45	0,45

дены в табл. 26, которая разбита по участкам измерений.

Для трех вышеперечисленных населенных пунктов результаты можно сформулировать следующим образом:

(1) *Брагин:* Значения мощности дозы вне помещений, полученные в городе, имели широкий разброс — от уровней естественного фона 0,1 μЗв/ч до 3 μЗв/ч. Наименьшие значения наблюдались на асфальтированных улицах (т. е. на улицах, покрытие которых заменялось после аварии). Наиболее высокие значения были обнаружены на личных участках и участках с неповрежденным покрытием.

Мощности дозы внутри помещений находились в пределах от 0,1 до 0,3 μЗв/ч, причем для каменных домов наблюдались несколько меньшие значения (0,14 μЗв/ч) по сравнению с деревянными зданиями (0,17 μЗв/ч), так как большая плотность каменной кладки обеспечивает более высокий эффект экранирования (рис. 33 и 34).

На рис. 35 представлена официальная карта итоговых данных по выпадению радиоактивного цезия в районе Брагина. На рис. 36 и 37 изображены карты мощности дозы вне помещений, подготовленные группой международных экспертов. Данные, нанесенные на карты, приблизительно согласуются между собой, т. е. район города с наивысшими значениями выпадения радиоактивного цезия совпадает с районом, где наблюдается наибольшая мощность внешней дозы.

(2) *Полесское:* Значения мощности дозы, полученные в сельской местности, находятся в диапазоне 0,3–2,3 μЗв/ч. Максимальное значение (12 μЗв/ч) наблюдалось на окраинах населенного пункта, что отражает общую картину неоднородности выпадения радиоактивных веществ. Мощность доз на асфальтированных поверхностях, как правило, ниже, чем на участках с неповрежденным покрытием. Наличие "горячих пятен", в нескольких из которых были официально зарегистрированы "горячие" частицы, было обнаружено и подтверждено группой международных экспертов (см., например, табл. 22, участок 7g: мощность дозы превышает 100 μЗв/ч).

Значения мощности дозы внутри помещений находились в диапазоне 0,1–0,45 μЗв/ч (табл. 24). Исключением являются здания, находившиеся в стадии строительства на момент аварии (см. табл. 24, участки 9z, 3s и 4s), имеющие повышенный уровень облучения $\leq$0,63 μЗв/ч. Наибольшее значение, 1,5 μЗв/ч, наблюдалось в каменном здании. После аварии на многих домах поменяли крыши.

Поскольку характер выпадения радиоактивных веществ в этом поселке чрезвычайно разнороден, можно считать, что данные по общему выпадению радиоактивного цезия, представленные на официальных картах (рис. 38), более или менее согласуются с данными по мощности дозы вне помещений (измерения международной группы экспертов) (табл. 22 и 23; рис. 39).

(3) *Далета:* Значения мощности доз вне помещений носят довольно сходный характер (менее

Таблица 16

Брагин. Мощность дозы на участках с асфальтовым покрытием.
(Отбор проб проведен международной группой.) [*Источник: Х. Леттнер и его группа*]

Номер пробы	Местонахождение	Описание участка	Мощность дозы (μЗв/ч)	
			Прибор № 1	№ 2
61	Молокозавод	Асфальтовое покрытие	0,23	
81	Советская, 150 м к северу от улицы, на которой расположен банк	Асфальтовое покрытие	0,30	
131	Пересечение улиц Советской и Партизанской	Асфальтовое покрытие	0,20	
151	Партизанская, 6, на улице	Асфальтовое покрытие	0,30	
211	Мамкина, молочный рынок	Асфальтовое покрытие	0,25	
221	Мамкина, автобусная стоянка	Асфальтовое покрытие	0,15	
311	Партизанская, 11	Асфальтовое покрытие	0,35	
331	Партизанская, 19	Асфальтовое покрытие	0,25	
351	Шаповал, к югу от Октябрьской, 8/4[a]	Заасфальтирован вход	0,29	
431	Астрейко, ул. Кооперативная, 19/1 перед домом[a]	Заасфальтировано местами	0,55	
361	Партизанская, 37	Асфальтовое покрытие	0,24	
411	Партизанская, северо-западное пересечение улицы	Асфальтовое покрытие	0,35	
431	Зеленая, 7	Асфальтовое покрытие	0,24	
481	Колхозная машинная станция	Асфальтовое покрытие	0,19	
501	Пересечение улиц Зеленой и Пионерской	Асфальтовое покрытие	0,18	
521	Калинина, 8	Асфальтовое покрытие	0,32	
541	Пересечение улиц Калинина и Пионерской	Местами мостовая	0,26	
561	Пионерская, напротив номера 35 на улице	Асфальтовое покрытие	0,28	
581	Пересечение улиц Пионерской и Березки	Асфальтовое покрытие	0,24	
611	Пионерская, 14	Асфальтовое покрытие	0,27	
641	Магазин на ул. Пионерская, за мощеной дорогой	Тротуар	0,23	
661	Пионерская ул., возле магазина на улице	Асфальтовое покрытие	0,23	
771	Гагарина, на улице	Асфальтовое покрытие	0,21	
801	Первомайская, 9, на улице	Асфальтовое покрытие	0,32	
851	Комсомольская, 15, на улице	Асфальтовое покрытие	0,20	
891	Комсомольская, 44, на улице	Асфальтовое покрытие	0,33	
911	Комсомольская, 47, вход на молокозавод	Асфальтовое покрытие	0,24	
26z	Мамкина, автобусная станция	Асфальтовое покрытие	0,14	
38z	Горсовет, площадь В.И. Ленина	Асфальтовое покрытие	0,15	
39z	Площадь В.И. Ленина, 6	Цветочная клумба+ оформление клумб из камня	0,52	
46z	Перед телевизионной башней	Камень, песок, бетон	0,14	

Таблица 16 (продолжение)

Номер пробы	Местонахождение	Описание участка	Мощность дозы (μЗв/ч)	
			Прибор № 1	Прибор № 2
10s	Пересечение улиц Советской и Аваресара	Заасфальтированный	0,14	
17s	Советская, 149/176	Заасфальтированный	0,10	0,17
30s	Советская, 13	Заасфальтированный	0,14	0,16
37s	Советская, напротив дома 12, на улице	Заасфальтированный	0,14	
5g	Кирова, водоколонка	Асфальтовое покрытие	0,35	0,35
102g	Проезд, 150 м к юго-востоку от номера 101	Проезд с мощеным покрытием, пересечение	0,90	0,55
103g	Пересечение проезда и ул. Кирова, к юго-востоку от номера 101	Мощеный проезд и дорога с травяным покрытием	0,90	0,70

[a] Дом лица, которому был выдан индивидуальный дозиметр по программе проведения независимой оценки доз.

0,5 μЗв/ч), что отражает относительно низкий уровень выпадения радионуклидов в районе. Значения мощности доз внутри помещений также являются низкими и находятся в районе естественного радиационного фона (менее 0,2 μЗв/ч).

На рис. 40 представлены официальные всесоюзные данные мощности доз вне помещений и, для сравнения, соответствующие данные, полученные международной группой экспертов. Данные хорошо согласуются между собой.

3.2.2. Отбор проб почвы

В районах Брагина и Полесского отбирались пробы керна почвы (диаметр 5 см) для определения профиля загрязнения от 0 до 15 см. Радионуклиды цезия и кобальта анализировались с помощью обычных Ge(Li)-гамма-спектрометров; радионуклиды церия и сурьмы анализировались при помощи спектрометров с анти-комптоновскими экранами, чтобы снизить уровень комптоновского фона некоторых фотонов высоких энергий.

Описание проб дается в табл. 27. Международной группе экспертов не удалось получить данных, собранных советской стороной. В почве было обнаружено присутствие следующих радионуклидов: цезий-134, цезий-137, церий-144, кобальт-60, рутений-106 и сурьма-125, причем преобладали радионуклиды цезия (≤170 кБк/кг; рис. 41).

При изучении проблемы распределения радиоактивного загрязнения по глубине результаты анализа четырех проб почвы из пяти показали максимальную концентрацию активности на глубине 2–3 см. Снижение активности ниже этой отметки приближается по характеру к экспоненциальному. Только в пробе 14 (пойменные земли) было обнаружено радиоактивное загрязнение верхних слоев почвы, вероятно за счет смыва и осаждения радионуклидов.

3.2.3. Проведение гамма-спектрометрии на местах

Гамма-спектрометрия на местах проводилась вне помещений на восьми участках в Брагине и Полесском при помощи детектора высокочистым германием (относительная эффективность — 18,5 %) на высоте 1 м от земли. Спектр измерений находился в диапазоне 50–4000 кэВ (время замера — 60 мин). Удельные максимальные значения полного поглощения радионуклидов были переведены в единицы активности на поверхности (кБк/м^2) и мощности дозы (μЗв/ч) при помощи калибровочных коэффициентов детектора с высокочистым германием и экспоненциальных параметров распределения источников, получен-

Таблица 17

Брагин. Мощность дозы на участках с неповрежденным покрытием. [*Источник: Х. Леттнер и его группа*]

Номер пробы	Местонахождение	Описание участка	Мощность дозы (μЗв/ч)	
			Прибор № 1	№ 2
2l	Советская, стоянка автомашин	Вспаханный	0,80	
10l	Советская, нежилой дом	Заброшенный личный участок	0,35	
14l	Партизанская, 2, личный участок	Необрабатываемый	0,30	
24l	Мамкина, за автобусной станцией	Двор с березами	1,00	
28l	Скорохода, к югу от автобусной станции	Невспаханная лужайка	0,60	
29l	Скорохода, к югу от автобусной станции	Невспаханная лужайка	1,40	
35l	Партизанская, 37, заброшенный личный участок	Необработанный	0,59	
47l	Колхозная машинная станция	Песчаная почва	0,35	
53l	Калинина, 8, личный участок	Необработанный	0,47	
81l	Пересечение ул. Первомайской	Под деревом	0,54	
82l	Пересечение ул. Первомайской	Поле, заросшее жгучей крапивой	0,51	
86l	Комсомольская, 23, личный участок	Необработанный	0,43	
87l	Комсомольская, кладбище	Под деревьями	0,47	
24s	Комсомольская, то же, что и номер 23, на личном участке	Необработанный	0,52	0,61
37/bs	Комсомольская, напротив 21, личный участок	Необработанный		0,45
46s	Та же улица, номер 109/80	Лужайка	0,28	0,22
46/cs	То же, что номер 46/а, двор для кур	Почва	0,40	0,43
17g	Комсомольская, между номерами 15 и 16	Необработанный личный участок		0,55
28g	Зиновича, 21, 100 м от дороги	Необработанный личный участок	1,30	1,15
28ag	То же, что и номер 28	Необработанный личный участок	0,90	0,80
34g	Октябрьская, 5	Необработанный личный участок	0,60	0,85
34ag	—	—	1,05	1,05
51g	Кирова, 100 м от дороги	Необработанный участок, примыкающий к реке		0,25
57g	Кладбище, 400 м от номера 52	Необрабатываемый участок	0,60	0,70
59g	Красноармейская, 200 м к юго-западу от номера 49	Необрабатываемый личный участок и картофельное поле	0,55	0,50

Таблица 17 (продолжение)

Номер пробы	Местонахождение	Описание участка	Мощность дозы (μЗв/ч)	
			Прибор № 1	№ 2
70g	Площадь В.И. Ленина, 2, 100 м от дороги	Необрабатываемый участок, примыкающий к реке		0,90
77g	Переулок, 50 м к юго-западу от номера 76, игровая площадка, 30 м от дороги	Без покрытия	0,40	0,40
87g	Церковь на кладбище, 50 м от дороги	Необрабатываемый участок	1,5	3,0
88g	Церковь, 44, 200 м к западу от номера 85	Личный участок/забор кладбища	0,90	1,10
89g	Церковь, 44, 300 м к западу от номера 85	Личный участок/забор кладбища	1,00	0,75
108g	Советская, 100 м к северу от номера 107	Поле/личный участок, необрабатываемые	0,35	0,40

ных в результате исследования гамма-спектров.

В табл. 28 результаты гамма-спектрометрических измерений сравниваются с официальными советскими данными. Данные по общему выпадению радиоактивных веществ, полученные международной группой экспертов, согласуются с официальными данными, предоставленными советской стороной.

3.2.4. Измерения мощности дозы радона и гамма-излучения

Для измерения радонового излучения использовались электретные датчики типа E-PERM ^{TM}/радон с периодом излучения до трех месяцев. Эти приборы были использованы для определения средних значений долговременного излучения [16]. Естественное фоновое излучение определялось при помощи второго комплекта электретных датчиков типа E-PERM^{TM}/фон, запечатанных в непроницаемую для радона фольгу. Датчики из второго комплекта использовались одновременно с радоновыми детекторами. Кроме того, для измерения мощности дозы на точках замеров использовался переносной датчик. По окончании замеров на точках считывались показания всех датчиков E-PERM^{TM}.

Необходимых данных с советской стороны представлено не было. Результаты анализа, приведеные в табл. 29, показывают, что уровень концентрации радона-222 в помещениях в Брагине находится в диапазоне 9–470 Бк/м^3 (среднее значение — 139 ± 183 Бк/м^3). Однако, если исключить точки 8–10 и принять во внимание плохую вентиляцию, а также постоянные изменения положения датчиков, разброс значений значительно сократится. При этом средний уровень концентрации снизится до 28 ± 13 Бк/м^3. Порядок этой величины сравним с порядком результатов измерений по радону-222, проведенных в Далете (среднее значение — 19 ± 20 Бк/м^3; табл. 29).

Значения мощности доз гамма-излучения, выведенные в результате интегрирования измерений в течение примерно трех месяцев при помощи датчиков типа E-PERM^{TM}/фон, находились в диапазоне 0,16–0,38 μЗв/ч для Брагина и 0,14–0,46 μЗв/ч для Далеты. Эти диапазоны вполне соответствуют данным, полученным в результате проведенных независимых измерений мощности доз (см. раздел 3.2.1). При сравнении средних значений (n — количество замеров), полученных при помощи датчиков типа E-PERM^{TM}/фон (среднее значение (n = 17) составляет 0,24 ± 0,09 μЗв/ч), а при измерениях с использованием переносных счетчиков (среднее значение (n = 15)

Таблица 18

Брагин. Мощность дозы на обрабатываемых участках (сады и поля).
[Источник: Х. Леттнер и его группа]

Номер пробы	Местонахождение	Описание участка	Мощность дозы (μЗв/ч)	
			Прибор № 1	Прибор № 2
1l	Иваненко И., Набережная, 59[a]	Обрабатываемый личный участок	0,22	
19l	Романюк В., Игнатенко, 13[a]	Вход на обрабатываемый личный участок	0,23	
7l	Советская, 150 м к северу от сквера у банка	Обрабатываемый	0,50	
11l	Советская, дом, картофельный участок за домом	Обрабатываемый	0,35	
16l	Партизанская, 6, личный участок	Обрабатываемый	0,50	
26l	Скорохода, 17, личный участок	Обрабатываемый	1,10	
44l	Зеленая, 7, личный участок	Обрабатываемый	0,36	
71l	700 м к юго-западу от лужайки, западная часть главной улицы	Поле с созревшим урожаем, вспаханное	0,51	
72l	700 м к юго-западу от лужайки, западная часть главной улицы	Картофельное поле	0,41	
19l	Партизанская, 18, личный участок	Обрабатываемый	0,52	
53l	Калинина, 19, личный участок	Обрабатываемый	0,37	
54l	Пионерская, 39, личный участок	Обрабатываемый	0,39	
4s	Советская, 89, личный участок	Обрабатываемый	0,30	0,35
7Bbs	Советская, 118, личный участок	Обрабатываемый	0,30	0,33
12s	Советская, 144, личный участок	Обрабатываемый	0,38	0,32
18s	Советская, 141, личный участок	Обрабатываемый	0,36	0,40
25s	Обрабатываемое картофельное поле	Обрабатываемый	0,24	
26/as	Советская, лужайка	Обрабатываемый	0,30	0,40
32/bs	Советская, 27, личный участок	Обрабатываемый	0,30	
32/cs	Советская, 27, земляничное поле	Обрабатываемый	0,36	0,44
32/ds	Советская, 27, виноградные посадки	Обрабатываемый	0,46	0,44
36/as	Восточная, 37, личный участок	Обрабатываемый	0,32	0,32
36/es	Восточная, 39, личный участок	Обрабатываемый	0,30	0,40
46/as	Та же улица, номер 80, личный участок	Обрабатываемый	0,40	0,44
46/es	То же, что и номер 46/d, личный участок	Обрабатываемый	0,44	0,44
53g	Кирова	Сад/поле	0,25	0,30
54g	Кирова, 71	Обрабатываемый личный участок	0,40	
60g	Красноармейская, 300 м к юго-западу от номера 49	Обрабатываемый личный участок	0,40	0,35
68g	Пушкина, 8	Сад/картофельное поле	0,35	0,40
78g	Переулок, 100 м к юго-западу от номера 76/5	Обрабатываемый личный участок	0,80	0,75

Таблица 18 (продолжение)

Номер пробы	Местонахождение	Описание участка	Мощность дозы (μЗв/ч)	
			Прибор № 1	Прибор № 2
79g	Переулок, 200 м к юго-западу от номера 76/11	Обрабатываемый личный участок	0,60	0,70
80g	Переулок, 300 м к юго-западу от номера 76	Обрабатываемый личный участок	0,90	0,70
82g	Чалиази, 100 м к северу-западу от номера 80	Сад личного участка	0,60	0,30
83g	Чалязи, 16, 200 м к северу-западу от номера 80	Картофельное поле	1,20	1,10
86g	Чалязи, 100 м к западу от номера 85	Обрабатываемый личный участок	1,20	1,00
90g	Чалязи, 62/47, 400 м к западу от номера 85	Обрабатываемый личный участок	0,60	0,80
91g	Чалязи, 500 м к западу от номера 85	Обрабатываемый личный участок	0,80	0,55
92g	Чалязи, 600 м к западу и 85,5 м в поле	Обрабатываемое поле	0,90	1,15
94g	Чалязи, 54, 100 м от дороги	Картофельное поле	1,30	1,20
95g	Чалязи, 40, 50 м от дороги	Обрабатываемый личный участок	1,40	1,35
96g	Чалязи, 25	Поле вспаханное/ невспаханное	1,35	2,2
98g	Аэродромная, 100 м к востоку от номера 97, тупик	Картофельное поле	1,10	0,70
43g	Кирова, 4	Обрабатываемый личный участок	0,80	—
48g	Кирова, 24	Обрабатываемый личный участок	0,50	—
49l	Пионерская, 45[a]	Обрабатываемый личный участок	0,27	0,37

[a] Дом лица, которому был выдан индивидуальный дозиметр по программе проведения независимой оценки доз.

составляет 0,23 ± 0,15 μЗв/ч) видно, что обе методики почти полностью согласуются между собой.

3.2.5. "Горячие" частицы

В четвертом слое (3–4 см) керна 16, взятого на личном участке в Полесском, были обнаружены две "горячие" частицы. В качестве примера результаты анализа приведены на рис. 42. Помимо радионуклидов, обнаруженных в пробах почвы ранее, были обнаружены изотопы радионуклидов европия. Советская сторона не представила таких данных международной группе.

3.3. Исследования в контрольных населенных пунктах

Были проведены экологические исследования в шести населенных пунктах, характерных для территорий с незначительными уровнями радиоактивного загрязнения в результате выпадения

Таблица 19

Брагин. Различные другие участки. [*Источник: Х. Леттнер и его группа*]

Номер пробы	Местонахождение	Описание участка	Мощность дозы (μЗв/ч)	
			Прибор № 1	№ 2
791	Первомайская, 9, тротуар	Песчаное покрытие		0,24
7/as	Советская, 118, крыша		0,20	0,20
13/bs	Советская, 148, крыша		0,38	0,37
16s	Советская, 141	Почва	0,34	0,34
21/as	Советская, грязь, посреди улицы	Почва	0,10	
26/bs	Новая песчаная дорога	Песчаное покрытие	0,10	
32/as	Номер 27 во дворе, новая песчаная дорога	Почва		0,27
36/bs	Востоняр, 37, соломенная крыша		0,60	0,81
36/cs	Востоняр, 39, двор	Почва	0,20	0,25
36/ds	Востоняр, 39, сеновал		0,30	0,30
37/as	Востоняр, 21, двор	Почва	0,36	0,30
37/ds	Востоняр, 21, крыша		0,40	0,40
50/as	То же, что номер 50, крыша		0,32	
45g	Кирова, переулок между номерами 8 и 10	Немощеный	1,00	
56g	Кирова, тротуар	Немощеный	0,40	0,50
101g	Дорожка, 150 м к востоку от номера 100	Немощеная дорожка	1,89	1,50
471	Вне колхозной машинной станции	Частично травяной, песчаный	0,22	0,39
581	Перед зернохранилищем		0,30	0,36
591	Внутри хранилища		0,14	0,19
601	Вне хранилища		0,25	0,38
611	Склад сена		0,24	0,39
621	Сено урожая 1989 г.		0,29	0,36
631	Деревянная конюшня		0,42	0,50

радионуклидов (контрольные населенные пункты до 37 кБк цезия-137 на кв.м). Основой этой классификации служили официальные советские карты. Исследования проводились в следующих населенных пунктах:

— *УССР:* Троковичи и Красиловка.
— *БССР:* Кировск и Ходосы.
— *РСФСР:* Унеча и Сураж.

В каждом случае мощность дозы определялась при помощи переносного оборудования на высоте приблизительно 1 м от земли. Кроме того, отбирались пробы почвы по секторам при помощи скребка и пробы продуктов питания местного производства. Свежие овощи и молоко для анализа поступали от местных жителей. Во всех случаях продукты были местного происхождения или производства. Точно установить место производства хлеба, мяса и консервированных продуктов не удалось. Все пробы анализировались на содержание цезия-137 и цезия-134 с помощью методов гамма-спектрометрии. Результаты измерений приведены в табл. 30–32.

Средние значения мощности доз в различных населенных пунктах являются низкими и находятся в диапазоне 0,06–0,22 μЗв/ч, что говорит о небольшом уровне загрязнения в результате

Таблица 20

Брагин. Результаты измерений мощности дозы в деревянных домах. [*Источник: Х. Леттнер и его группа*]

Номер пробы	Местонахождение	Мощность дозы (μЗв/ч)	
		Прибор № 1	№ 2
12l	Советская, внутри деревянного дома	0,25	
17l	Партизанская, 6, внутри деревянного дома	0,20	
27l	Скорохода, 17, внутри деревянного дома	0,40	
45l	Зеленая, 7, дом, деревянный	0,25	
62l	Скорохода, 8, внутри дома	0,21	
34z	Скорохода, 8, деревянный дом	0,23	
36z	Скорохода, 6	0,28	
52z	Калинина, 19	0,12	
48l	Колхоз, ремонтная мастерская, первый этаж	0,21	0,27
2l	Набережная, 59[a]: вход	0,18	0,26
3l	гостиная	0,14	0,20
4l	спальня	0,14	0,14
12l	Советская, 127[a]: кухня	0,13	0,15
13l	гостиная	0,14	0,20
14l	спальня	0,13	0,19
15l	спальня	0,12	0,22
16l	Махова, 119[a]: кухня	0,12	0,15
7l	гостиная	0,07	0,14
18l	спальня	0,08	0,18
50l	Пионерская, 45[a]: кухня	0,23	0,27
51l	гостиная	0,15	0,24
52l	спальня	0,12	0,17
53l	спальня	0,11	0,24
64l	Соболи[a]: кухня	0,19	0,19
65l	гостиная	0,14	0,20
66l	спальня	0,10	0,20
67l	Соболи[a]: кухня	0,14	0,17
68l	гостиная	0,08	0,11
69l	спальня	0,07	0,07
13s	Соболи, 148	0,18	0,22
18as	Соболи, 141	0,10	0,13
32/esx	Соболи, 127	0,10	0,13
36/fsx	Востоняр, 39	0,08	0,10
36/gsx	Востоняр, 35	0,10	0,10
37/csx	Востоняр, 21	0,10	0,11
46/bsx	То же, что и номер 46/a	0,10	0,13
46/dsx	То же, что и номер 107		0,18
48ag	Кирова, 24	0,30	
53ag	Кирова, 59		0,15
54ag	Кирова, 71	0,30	
96ag	Чалязи, 25		0,40

[a] Дом лица, которому был выдан индивидуальный дозиметр по программе независимой оценки доз.

Таблица 21

Брагин. Результаты измерений мощности дозы в каменных домах. [*Источник: Х. Леттнер и его группа*]

Номер пробы	Местонахождение	Мощность дозы (Зв/ч)	
		Прибор № 1	Прибор № 2
41	Советская, здание банка	0,20	
231	Мамкина, магазин у автобусной остановки	0,50	
631	Пионерская, магазин, каменное здание	0,17	
781	Кооперативная, бани	0,17	
27z	Мамкина, автобусная остановка	0,14	
28z	Мамкина, универмаг	0,15	
19s	Советская, продмаг		0,10
71	Лаборатория	0,15	0,18
81	Капитальный ремонт, кирпич	0,08	0,12
91	Сырозавод, помещение из кирпича	0,11	0,19
101	Металлоремонт, кирпичное здание	0,08	0,20
111	Учреждение	0,09	0,09
201	Гостиная	0,10	0,07
211	Спальня	0,07	0,08
221	Кухня	0,12	0,13
241	Поликлиника, приемная	0,11	0,15
251	Поликлиника, 1-й этаж	0,16	0,27
261	Поликлиника, 2-й этаж	0,17	0,16
271	Астрейко Раиса, кабинет в поликлинике[a]	0,12	0,23
281	Руденок Людмила, аптека в поликлинике[a,b]	0,19	0,27
291	Кабинет флюорографии, за защитой от рентгеновских лучей[c]	95	
301	Шаповал Светлана, зубоврачебный кабинет[a]	0,10	0,13
311	Рабочее помещение	0,10	0,16
321	Жилое помещение, кухня	0,13	0,13
331	Октябрьская, 8/4: гостиная	0,08	0,13
341	спальня	0,11	0,18
361	Дубина Лилия Кириловна, 2/8[a]: спальня	0,10	0,14
371	кухня	0,08	0,13
381	гостиная	0,09	0,18
391	Кооперативная 19/1[a]: сени	0,07	0,08
401	спальня	0,10	0,13
411	гостиная	0,12	0,10
421	кухня	0,08	0,09
441	Крылова, 15/5[a]: спальня и гостиная	0,10	0,12
451	кухня	0,16	0,20
461	спальня и гостиная	0,08	0,15
541	Зеленая, 8[a]: сени	0,13	0,18
551	кухня	0,12	0,15
561	гостиная	0,8	0,14
571	спальня	0,17	0,16

[a] Лицо, которому был выдан индивидуальный дозиметр по программе независимой оценки доз.

[b] Дозиметр находился здесь постоянно.

[c] Работающий рентгеновский аппарат.

Таблица 22

Полесское. Результаты измерений мощности дозы вне помещений, в основном на участках с травяным покрытием. [*Источник: Х. Леттнер и его группа*]

Номер пробы	Местонахождение	Описание участка	Мощность дозы (μЗв/ч)		
			Прибор		
			№ 1	№ 2	№ 3
1z	Парк перед поселковым советом	Травяное покрытие	0,84		
2z	Кладбище	Травяное покрытие	2,05		
3z	Владимирская, 38, личный участок	Травяное покрытие	1,82		
4z	То же, что и № 3, на земле	Травяное покрытие	8,2		
6z	Щорса, 32	Травяное покрытие	0,73		
8z	Угол улиц Гоголя и Щорса	Травяное покрытие	0,38		
10z	Ул. Гоголя	С травяным покрытием, необрабатываемый	1,10		
11z	Ул. Горького, 1	Травяное покрытие	0,39		
15z	1-й перекресток улиц на запад по ул. Горького	Небольшой парк с травяным покрытием	1,30		
16z	Жостнева, 20	Травяное покрытие	0,41		
17z	2-й перекресток улиц на запад по ул. Горького	Травяное покрытие	1,24		
18z	Горького, 25	Травяное покрытие	0,64		
19z	Горького, 35	Травяное покрытие	0,72		
20z	3-й перекресток улиц на запад по ул. Горького	Травяное покрытие	1,23		
21z	Ул. Котовского	Травяное покрытие	1,05		
22z	Воля, 40	Травяное покрытие	0,67		
23z	Поле за городом у реки	Травяное покрытие, необрабатываемый	2,30		
1s	Бересня, 2	С травяным покрытием	0,60	0,40	0,75
2s	Бересня, 4	С травяным покрытием	1,0	1,0	0,8
3s	Бересня, 8	С травяным покрытием	0,9	0,8	0,6
4s	Бересня, 8	Отмеченная "горячая точка"	1,3	1,2	1,2
5s	Бересня, 8	"горячая точка" на земле	2,0	2,0	2,0
6s	Бересня, 10	С травяным покрытием	0,6	0,6	0,6
7s	Бересня, 14	С травяным покрытием	0,9	0,7	0,4
8s	Бересня, 16	С травяным покрытием	0,65	0,5	0,65
9s	Воля, 79	С травяным покрытием	1,0	0,7	0,8
14s	Воля, 67	С травяным покрытием	1,0	1,0	0,7
15s	Воля, 65	С травяным покрытием	0,8	0,6	
20s	Воля, 53		0,9	0,5	
21s	Воля, 46	С травяным покрытием	0,9	0,75	
24s	Воля, 33	С травяным покрытием	0,75	0,7	0,6

Таблица 22 (продолжение)

Номер пробы	Местонахождение	Описание участка	Мощность дозы (μЗв/ч)		
			Прибор		
			№ 1	№ 2	№ 3
25s	Воля, 9	С травяным покрытием	0,6	0,35	0,5
27s	Воля, 69	С травяным покрытием	0,3	0,27	0,3
28s	Пересечение улиц Надежная и Пролетарская	С травяным покрытием	0,4	0,35	0,4
29s	Кладбище	С травяным покрытием	0,65	0,6	0,8
30s	Кладбище	С травяным покрытием	0,7	0,7	0,5
31s	Кладбище	С травяным покрытием	1,2	1,2	1,1
32s	Пролетарская, 80	С травяным покрытием	0,6	0,4	0,4
33s	Пролетарская, 70	С травяным покрытием	0,5	0,35	0,5
34s	Речная, 1	С травяным покрытием			0,45
35s	Пролетарская, 64	С травяным покрытием	0,4	0,5	
37s	Пролетарская, 46	С травяным покрытием	0,6	0,5	0,5
38s	Пролетарская, 32	С травяным покрытием	0,7	0,5	0,5
39s	Пролетарская, 28	С травяным покрытием			0,8
41s	Пролетарская, 16	С травяным покрытием	0,8	0,6	0,7
44s	Пролетарская, 4	С травяным покрытием	0,6	0,4	0,4
45s	Шевченко, 1	С травяным покрытием	0,7	0,5	
46s	Шевченко, 9	С травяным покрытием	0,8	0,7	0,5
47s	Шевченко, 18	С травяным покрытием	0,65	0,4	0,6
48s	Шевченко, 22	С травяным покрытием	0,55	0,35	
49s	Между ул. Шевченко и ул. Пролетарской	С травяным покрытием	0,6	0,4	
53s	Шевченко, 25	С травяным покрытием			0,7
54s	Шевченко, 35	С травяным покрытием			0,8
56s	Шевченко, 43	С травяным покрытием	0,5	0,4	0,45
57s	Шевченко, 53	С травяным покрытием	0,5	0,4	0,5
58s	Шевченко, 65	С травяным покрытием	0,6	0,45	0,45
59s	Прорезная, 62	С травяным покрытием	0,7	0,5	0,4
60s	Прорезная, 54	С травяным покрытием	0,7	0,5	0,5
61s	Прорезная, 44	С травяным покрытием	0,6	0,4	0,45
62s	Прорезная, 67	С травяным покрытием	0,7	0,5	0,5
63s	Прорезная, 32	С травяным покрытием	0,8	0,6	0,75
64s	Прорезная, 24	С травяным покрытием	1,0	0,85	0,85
65s	Прорезная, 18	С травяным покрытием	0,8	0,6	0,6
66s	Травин, 3	С травяным покрытием	0,9	0,7	1,1
67s	Травин, 6	С травяным покрытием	0,7	0,7	0,6
68s	Травин, 23	С травяным покрытием	0,7	0,5	0,45
78s	Травин, 53	С травяным покрытием	1,1	1,1	1,2
79s	Травин, 69	С травяным покрытием	0,6	0,6	0,7
80s	Травин, 83	С травяным покрытием	0,6	0,4	0,4
81s	Травин, 95	С травяным покрытием	0,6	0,5	0,7
84s	Травин, 107	С травяным покрытием	1,0	1,0	0,6
85s	1-й Травин переулок, 1	С травяным покрытием	0,6	0,5	

Таблица 22 (продолжение)

Номер пробы	Местонахождение	Описание участка	Мощность дозы (μЗв/ч)		
			Прибор		
			№ 1	№ 2	№ 3
86s	1-й Травин переулок, 6	С травяным покрытием			0,5
87s	1-й Травин переулок, 10	С травяным покрытием	0,7	0,5	0,7
88s	1-й Травин переулок, 9а	С травяным покрытием	1,0	0,9	
90s	Шоссе Киев-Минск	С травяным покрытием	1,3	1,4	0,9
91s	То же, что и № 90	С травяным покрытием	1,5	1,6	
92s	Луговая, 70	С травяным покрытием			0,4
93s	Луговая, 60	С травяным покрытием	0,5	0,3	0,35
94s	Луговая, 56	С травяным покрытием	0,6	0,6	0,7
95s	Луговая, 40	С травяным покрытием	0,5	0,4	0,4
96s	Луговая, 12	С травяным покрытием	1,1	0,7	
0,797s	Луговая, 2	С травяным покрытием	1,0	0,65	0,9
1g	Западное кладбище	С травяным покрытием, необрабатываемый	1,40		
2g	Западное кладбище, северная сторона	С травяным покрытием, необрабатываемый	2,00		
3g	Западное кладбище, западная сторона	С травяным покрытием, необрабатываемый, невспаханный	1,75		
4g	Западное кладбище, южная сторона	С травяным покрытием, необрабатываемый	2,50		
5g	Западное кладбище, восточная сторона	С травяным покрытием, необрабатываемый	2,30		
6g	Западное кладбище, его восточная часть	С травяным покрытием, необрабатываемый	50		
7g	Западное кладбище, "горячее пятно" на местности	С травяным покрытием,	100		
8g	Поле напротив (к востоку) от № 1	Необрабатываемое поле	0,75		
9g	Владимирская, 70 м на восток от № 8	Необрабатываемое поле	0,80		
10g	Перекресток ул. Владимирской и ул. Чотнева	Необрабатываемое поле	0,90		
11g	Перекресток ул. Владимирской и ул. Чотнева	Немощеный тротуар	0,70		
12g	Владимирская, 50 м от № 11	Немощеный тротуар	0,60		
13g	Перекресток ул. Владимирской и ул. Колхозной	Немощеный тротуар	0,80		
14g	Ул. Колхозная, 6,50 м на юг от № 13	Немощеный тротуар	0,80		
15g	Ул. Колхозная, противоположная сторона улицы	Немощеный тротуар	0,90		
16g	Колхозная, 16	Немощеный тротуар	0,50		
17g	Ул. Колхозная, перекресток с ул. Колхозная	Небольшое место немощеное	1,20		
18g	Колхозная, 15	Немощеный тротуар	0,70		

Таблица 22 (продолжение)

Номер пробы	Местонахождение	Описание участка	Мощность дозы (μЗв/ч) Прибор № 1	№ 2	№ 3
19g	Лужайка, 20 м на юг от № 18	Травяной, необрабатываемый	0,70		
20g	Перекресток ул. Колхозная и Котовского	Немощеный тротуар	0,90		
21g	Перекресток ул. Колхозная и Котовского	Немощеный тротуар	0,90		
22g	Перекресток ул. Колхозная и Котовского	Травяной, необрабатываемый	1,1		
23g	Участок улицы между №№ 10 и 20, 70 м к северу от № 20	Немощеный тротуар	1,1		
24g	Участок улицы напротив № 23	Граница поля, необрабатываемое	0,9		
25g	Перекресток ул. Владимирской и ул. Горького, напротив 1	Необрабатываемое поле	1,3		
26g	Перекресток ул. Владимирской и ул. Горького, тротуар	Немощеный тротуар	0,65		
27g	Владимирская, 70 м к востоку от № 26	Немощеный тротуар	0,75		
28g	Владимирская, 8, перекресток с ул. Човтнева	Немощеный тротуар	1,10		
29g	Владимирская, 18, напротив угла	Немощеный тротуар	0,70		
30g	Перекресток ул. Владимирской и ул. Котовского, противоположный угол	Немощеный тротуар	0,75		
31g	Перекресток ул. Владимирской и ул. Котовского, противоположный угол	Немощеный тротуар	0,30		
32g	Владимирская, 4, 70 м на восток от № 31	Немощеный тротуар	0,90		
33g	Перекресток ул. Воля и ул. Пионерская	С травяным покрытием, необрабатываемый	0,30		
34g	Воля, 140, напротив № 33	С травяным покрытием, тротуар	0,50		
35g	Воля, 101, 100 м на северо-запад от № 34	С травяным покрытием, тротуар	0,60		
36g	ул. Воля, напротив № 35	С травяным покрытием, тротуар	0,65		
37g	Перекресток ул. Воля и ул. 8-е Марта, восточный угол	С травяным покрытием	0,50		
38g	Перекресток ул. Воля и ул. 8-е Марта, южный угол	С травяным покрытием	0,60		
39g	Перекресток ул. Воля и ул. 8-е Марта № 80, западный угол	Немощеный тротуар			
40g	Перекресток ул. 8-е Марта и ул. Котовского, угол, 70 м на запад от № 39	С травяным покрытием, тротуар	0,65		
41g	Перекресток ул. 8-е Марта и ул. Котовского, № 47, восточный угол	С травяным покрытием, тротуар	0,35		
42g	Перекресток ул. 8-е Марта и ул. Човтнева, северный угол, 50 м на запад от № 40	С травяным покрытием 0,65			

Таблица 22 (продолжение)

Номер пробы	Местонахождение	Описание участка	Мощность дозы (μЗв/ч)		
			Прибор		
			№ 1	№ 2	№ 3
43g	Перекресток ул. 8-е Марта и ул. Човтнева, № 51, восточный угол	С травяным покрытием, тротуар	0,35		
49g	Перекресток ул. 8-е Березня и ул. Човтнева, № 51, южный угол, 70 м на восток от № 48	С травяным покрытием 0,35			
50g	Перекресток ул. 8-го Березня и ул. Човтнева, восточный угол	С травяным покрытием, двор	0,65		
51g	Перекресток ул. 8-го Березня и ул. Човтнева, северный угол	Мощеный двор	0,35		
52g	Перекресток ул. 8-го Березня и ул. Човтнева, западный угол	Мощеный двор	0,30		
1l	Щорса, 32, Василий Чернецов	Личный участок, необрабатываемый	0,60		
6l	Гоголя, 1б	Заброшенная земля	0,34		
5l	Гоголя, 1	Личный участок, обрабатываемый, под деревьями	0,49		
13l	Гоголя, 13	Обрабатываемый личный участок, в настоящее время не используется	0,97		
16l	Гоголя, 26	Личный участок, обрабатываемый	0,42		
22l	Котовского, 27	Личный участок	0,68		
10l	Воля, 79	Личный участок	1,0	0,8	
12l	Воля, 76	Личный участок			1,9
16l	Воля, 65	Личный участок	1,3	1,1	
18l	Воля, 54	Личный участок			1,8
22l	Воля, 46	Вокруг деревянного дома	1,4	1,3	
23l	Воля, 46	Тростниковая крыша	1,75	1,7	
36l	Место между ул. Пролетарской и ул. Шевченко	Личный участок, обрабатываемый	0,9	0,85	
40l	Пролетарская, 22	Личный участок, обрабатываемый	1,0	0,8	1,0
42l	Пролетарская, 12	Личный участок, обрабатываемый	1,0	0,9	
50l	То же, что и № 49	Личный участок, обрабатываемый	0,7	0,5	
51l	То же, что и № 49	Личный участок, обрабатываемый	0,9	0,75	
55l	Шевченко, 32	Личный участок, обрабатываемый	0,8	0,5	
69l	Травин, 27	Личный участок, обрабатываемый	1,2	1,3	

Таблица 22 (продолжение)

Номер пробы	Местонахождение	Описание участка	Мощность дозы (μЗв/ч)		
			Прибор		
			№ 1	№ 2	№ 3
711	Травин, 29	Личный участок, обрабатываемый	1,0	0,8	1,2
731	Травин, 21	Личный участок			0,7
741	Травин, 33	Личный участок, обрабатываемый	1,3	1,3	1,3
751	Травин, 33	Личный участок, обрабатываемый	0,85	0,95	1,7
771	Травин, 31	Личный участок, обрабатываемый	0,8	0,8	
821	Травин	У больницы	0,3	0,3	0,3
891	Травин переулок, 9а	Личный участок, обрабатываемый	0,9	0,85	

Таблица 23

Полесское. Мощность дозы на других участках.
(Отбор проб проведен группой международных экспертов.) [*Источник: Х. Леттнер и его группа*]

Номер пробы	Местонахождение	Описание участка	Мощность дозы (μЗв/ч)		
			Прибор		
			№ 1	№ 2	№ 3
121	Горького, 11, передний двор	Бетонное покрытие	0,42		
71	Перекресток ул. Горького и ул. Проресная	Асфальтовое покрытие, пересечение дороги	0,31		
121	Горького, 7	У забора личного участка	0,32		
201	Середина ул. Гостнева	Асфальт	0,41		
211	Перекресток на ул. Гостнева	У забора			0,49
231	Воля, 40, главный канализационный сток	Под крышкой	1,00		
261	Переулок им. Шевченко, 2	Асфальт	0,35	0,3	0,45
44g	Перекресток ул. 8-е Марта и ул. Човтнева, западный угол	Мощеный перед двором	0,35		
45g	Перекресток ул. 8-е Марта и ул. Човтнева, западный угол	Мощеный перед двором	0,35		
51g	Перекресток ул. 8-го Марта и ул. Човтнева, северный угол	Мощеный двор	0,35		
52g	Перекресток ул. 8-го Березня и ул. Човтнева, западный угол	Мощеный двор	0,30		

Таблица 24

Полесское. Мощность дозы в жилых домах. *(Отбор проб проведен группой международных экспертов.)* [*Источник: Х. Леттнер и его группа*]

Номер пробы	Местонахождение	Описание участка	Мощность дозы (μЗв/ч)		
			Прибор		
			№ 1	№ 2	№ 3
		(а) Деревянные дома			
14l	Горького, 13	Деревянный дом, гостиная	0,27		
15l	Горького, 13	Деревянный дом, кухня	0,22		
13l	Воля, 76	Деревянное здание			1,5
17l	Воля, 65	Деревянное здание	0,25	0,27	
		(б) Кирпичные и (или) каменные дома			
5z	Владимирская, 38	Деревянный пол	0,19		
7z	Щорса, 32	Деревянный пол, каменный дом	0,65		
9z	Гоголя, внутри дома	Недостроенный дом	0,52		
14z	Горького, 11, внутри дома	Каменный дом	0,10		
2z	Василий Черенцов, Щорса, 32	Кухня	0,42		
3s		Гостиная	0,63		
4s		Детская комната	0,58		
10s	Говтнева, 2	Спальня	0,08		
11s		Спальня	0,15		
17s	Говтнева, 26	Гостиная	0,21		
18s		Спальня	0,18		
19s		Гостиная	0,18		
24s	Воля, 40	Гостиная, канализация	0,25		
25s		Гостиная	0,18		
26s		Кухня	0,18		
11s	Воля, 79		0,2	0,2	
19s	Воля, 54				0,45
43s	Пролетарская, 12		0,2	0,27	0,35
52s	Шевченко		0,4	0,4	
70s	Травин, 27		0,3	0,3	
72s	Травин, 21				0,25
76s	Травин, 31		0,2	0,25	0,3
83s	Травин	Больница	0,1	0,1	0,2

Таблица 25

Далета. Измерения мощности дозы. [*Источник: Х. Леттнер и его группа*]

Номер пробы	Местонахождение	Описание участка	Мощность дозы (μЗв/ч) Прибор № 1	№ 2	№ 3	№ 4
		(а) Здания				
31	Кулиш	Деревянный дом	0,15	0,18		
111	Алехнович	Деревянный дом	0,12			
181	Школьный класс	Каменно-деревянное здание	0,11	0,09		
191	Учительская	Каменно-деревянное здание	0,09	0,09		
221	Деревянный дом, окраина населенного пункта	Кухня, спальня	0,25	0,25		
271	Деревянный дом	Кухня, спальня	0,20	0,20		
361	Деревянный дом	Кухня, спальня	0,20	0,20		
371	Деревянный дом	Кухня, спальня	0,30	0,30		
151	Автобусная станция	Асфальтовая дорога, бетонная стена	0,16	0,18	0,24	
		(б) Сеновалы и хранилища соломы				
51	У дороги	Сено урожая 1988г.	3,0	3,1	3,2	3,4
61	У дороги	Хранилище соломы урожая 1990 г.	0,5	0,6		
81	Кулиш	Сеновал свежего сена урожая 1990 г.	0,5			
		(в) Вне зданий				
11	Кулиш	Личный участок, трава	0,46	0,32	0,36	0,34
21	Кулиш	Личный участок, трава	0,29			
41	Дорога	Песок с травяным покрытием	0,24	0,22	0,21	
71	Дорога у участка	Песок с травяным покрытием	0,45	0,5		
91	Кулиш	Трава, личный участок	0,26			
101	Личный участок	Сад, фрукты	0,21	0,22	0,29	
121	Алехнович	Лужайка, трава	0,35			
131	Дорога	Песок, трава	0,18	0,20		
141	Дорога	У забора, травяное покрытие	0,36	0,34		
161	Близко к 11	Кора дуба, огород	0,24	0,25		
171	Прилегающий лес	Под деревьями	0,29			
201	Изгиб дороги	Песок и трава, лужайка	0,23	0,24		
21g	Окраина населенного пункта	Лужайка, культивируемая	0,35			

Таблица 25 (продолжение)

Номер пробы	Местонахождение	Описание участка	Мощность дозы (μЗв/ч)			
			Прибор			
			№ 1	№ 2	№ 3	№ 4
23g	Окраина населнного пункта	Грязь/лужайка культивируемая	0,40			
24g	Поле	Картофель	0,25			
25g	Личный участок	Обрабатываемый	0,30			
26g	Поле	Зерно	0,25			
28g	Поле	Зерно, овощи	0,35			
29g	Поле	Лужайка, картофель	0,40			
30g	Поле	Зерно	0,30			
31g	Лес	Деревья, подлесок	0,30			
32g	Поле	Зерно	0,35			
33g	Поле	Овощи, зерно	0,35			
34g	Лужайка	Трава некультивируемая	0,35			
35g	Лес	Деревья, подлесок, некультивируемый	0,40			
38g	Лужайка	Трава, песок, некультивируемая	0,30			
39g	Лужайка	Трава, песок, некультивируемая	0,30			
40g	Выгон для лошадей	Трава	0,20			
41g	Лужайка	Трава, песок, некультивируемая	0,20			
42g	Лужайка	Трава, песок, некультивируемая	0,40			
43g	Тротуар	Песок, без твердого покрытия	0,35			
44g	Тротуар	Песок, без твердого покрытия	0,40			
45g	Поле	Картофель, культивируемое	0,45			
46g	Лужайка	Трава культивируемая	0,30			

Табилца 26

Характерные статистические параметры результатов измерений мощности доз внутри и вне помещений в Брагине, Полесском и Далете. *(Отбор проб проведен международной группой.)* [*Источник: Х. Леттнер и его группа*]

Участок проведения измерений	Количество измерений	Мощность эквивалентной дозы (μЗв/ч)				
		Среднее	Стандартное положение	Среднестатическое	Мин.	Макс.
Брагин						
Участки с травяным покрытием (в основном)	329	0,46	0,25	0,40	0,14	1,92
Участки с асфальтовым покрытием	33	0,23	0,07	0,24	0,10	0,35
Невозделываемые участки	45	0,72	0,47	0,59	0,22	3,0
Личные участки, поля	72	0,61	0,37	0,44	0,24	2,2
Отдельностоящие дома (внутри дома)	68	0,17	0,07	0,15	0,07	1,4
Кирпичные и каменные здания (внутри зданий)	72	0,14	0,06	0,13	0,07	0,50
Полесское						
Участки с травяным покрытием (в основном)	290	0,95	2,91	0,70	0,27	50
Кирпичные и каменные здания (внутри здания)	32	0,28	0,15	0,23	0,08	0,65
Далета						
Вне помещений (трава, песок, личные участки, поля)	46	0,31	0,08	0,30	0,18	0,50
Деревянные, каменные и бетонные здания (внутри здания)	18	0,18	0,67	0,19	0,09	0,30

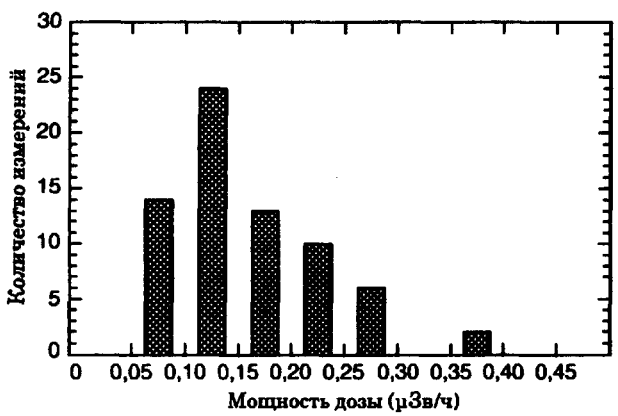


Рис. 33. Распределение мощности доз в деревянных домах в Брагине. [Источник: Х. Леттнер и его группа]

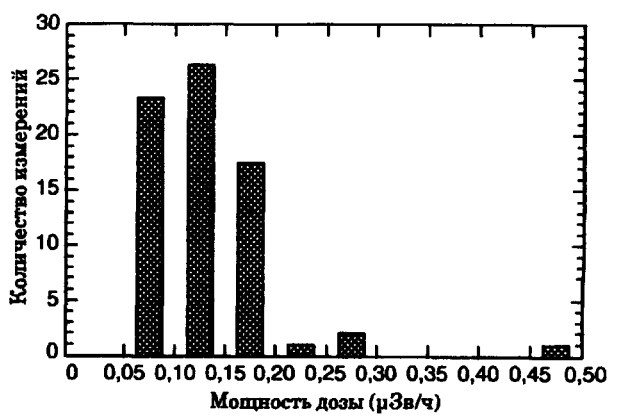


Рис. 34. Распределение мощности доз в каменных домах в Брагине. [Источник: Х. Леттнер и его группа]

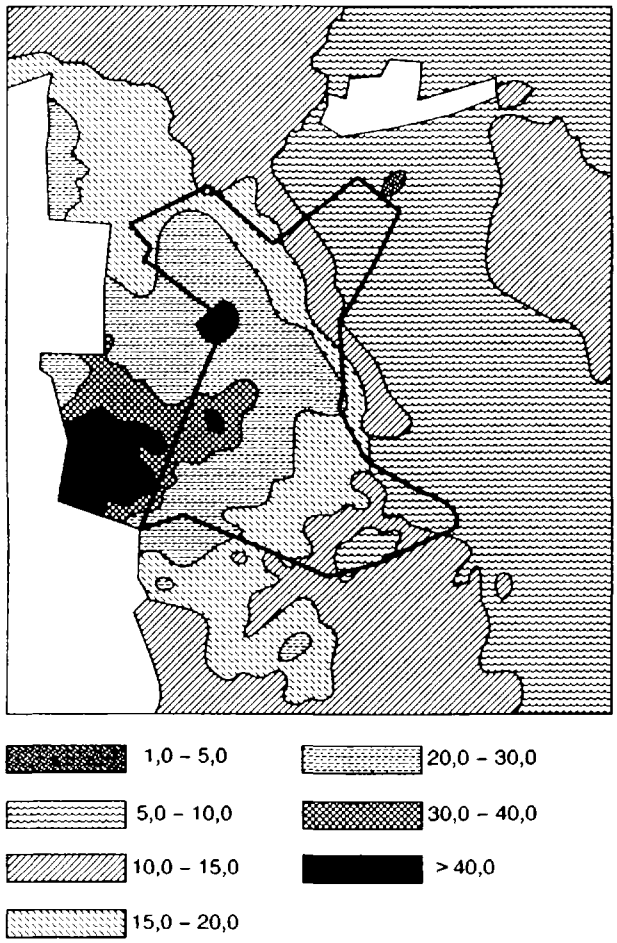


Рис. 35. Общие данные по выпадению цезия-134 и цезия-137 в Брагинском районе (Ки/км^2). Составлены Белорусским отделением Всесоюзного института сельскохозяйственной радиологии, Гомель

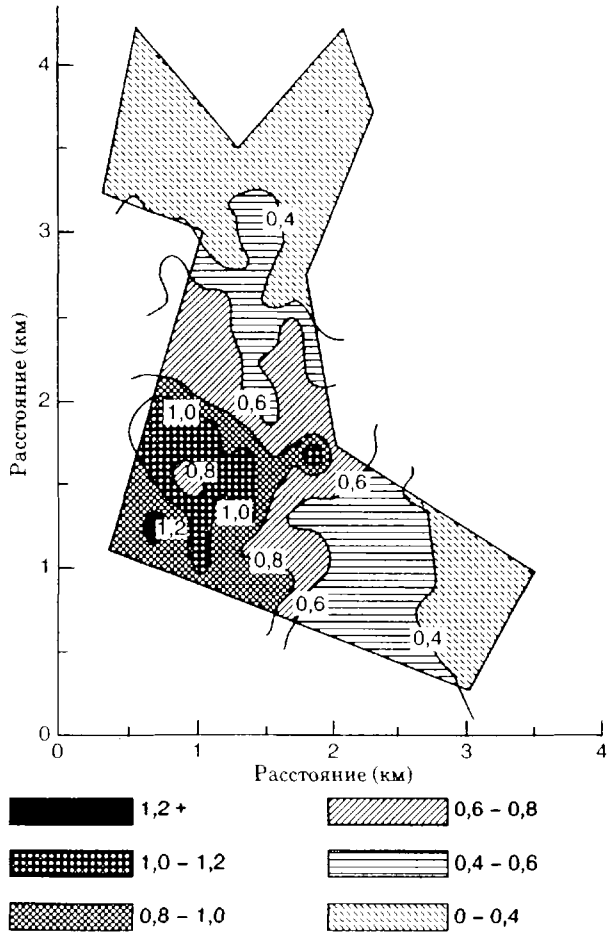


Рис. 37. Данные по мощности доз для Брагина (изоплеты) в μЗв/ч, полученные в результате исследований международной группы экспертов. [Источник: Х. Леттнер и его группа]

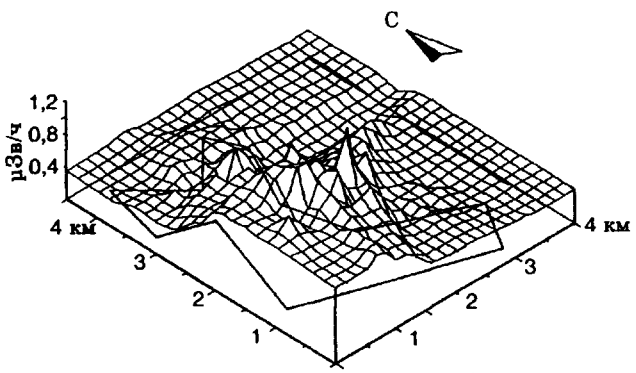


Рис. 36. Данные по мощности доз в Брагине (трехмерная карта), полученные в результате исследований международной группы экспертов (многоугольник приблизительно совпадает с границами населенного пункта). [Источник: Х. Леттнер и его группа]

выпадения радионуклидов. Это подтверждается относительно низкой поверхностной активностью цезия-137 (менее 16 кБк/м^2). В ряде случаев порядок величин этих значений не превышает уровень естественного радиационного фона. Различия показаний приборов внутри и вне помещений незначительны, как и разница значений для различных точек замеров в одном населенном пункте. Как показывает небольшая величина стандартных отклонений средних значений измерений, расхождения в данных замеров в различных точках одного и того же населенного пункта также невелики.

Уровни концентрации цезия-137 в пробах продуктов питания, отобранных в этих районах, зачастую ниже нижнего предела обнаружения или не намного выше его (например, в капусте). Соответствующие показатели для мяса или кол-

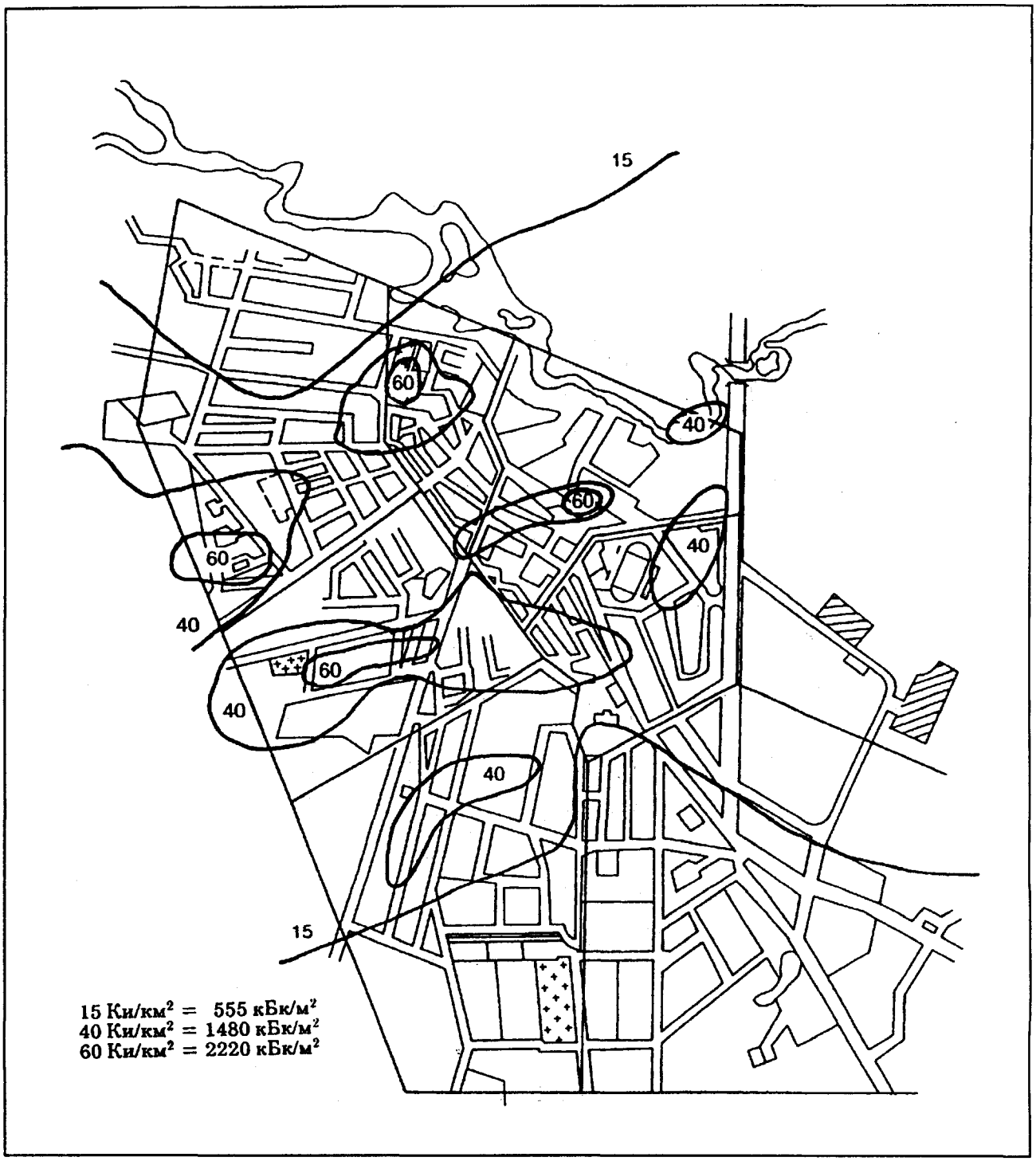


Рис. 38. Общие данные по выпадению цезия-137 и цезия-134 (Ки/км^2) в Полесском (официальная советская карта)

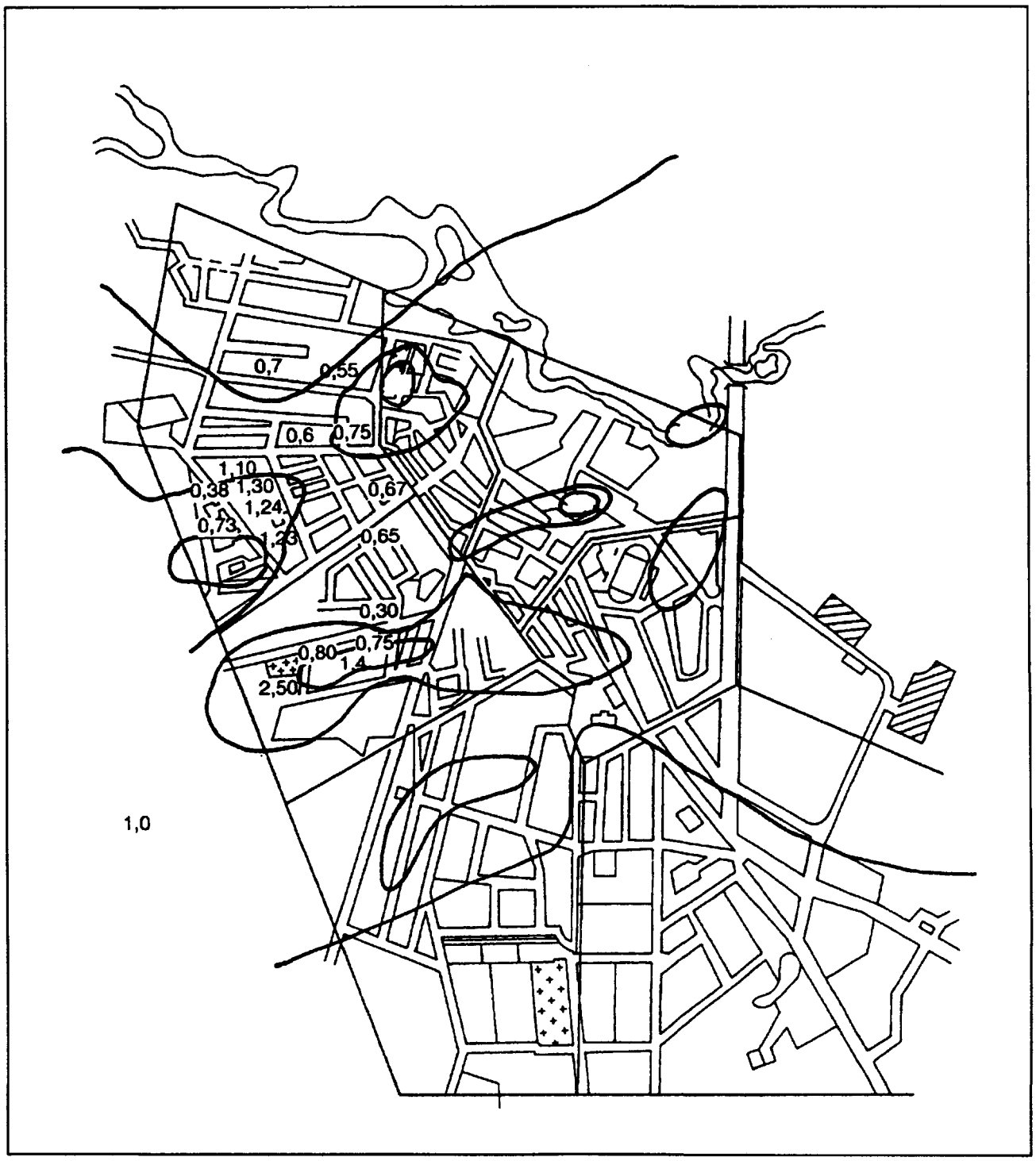


Рис. 39. Мощность доз вне помещений (μЗв/ч) в Полесском на основе исследования международной группы экспертов. [Источник: Х. Леттнер и его группа]

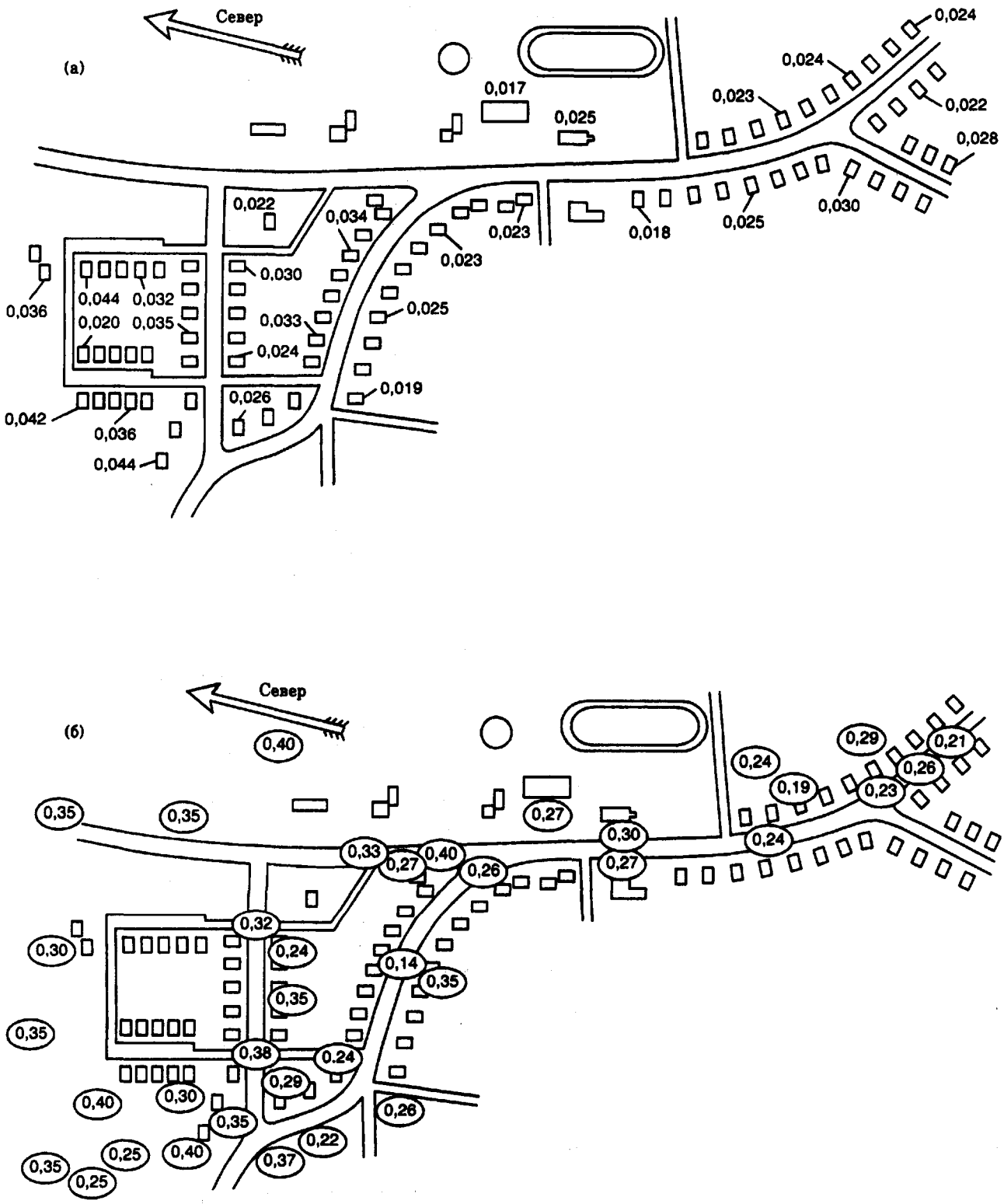


Рис. 40. Сравнение (а) официальных советских данных по мощности доз вне помещений (мР/ч); и (б) соответствующих данных исследования, проведенного международными экспертами в Далете (μЗв/ч). [Источник: Ф. Штейнхойзлер, М. Драйсер; Х. Леттнер и его группа]

Таблица 27

Описание проб почвы, взятых в Брагине и Полесском. *(Отбор проб проведен международной группой.)* [*Источник: Х. Леттнер и его группа*]

Номер пробы	Место отбора	Описание пробы (см, толщ.)	Вес (г)
2-1	Брагин, Гидрометеостанция	0–1	20,82
2-2			
2-3		1–2	26,40
2-4		2–3	27,64
2-5		3–4	26,34
2-6		4–5	31,54
		5-15	268,34
3-1	Брагин	0–1	21,59
3-2	ул. Скорохода	1–2	27,89
3-3		2–3	25,78
3-4		3–4	32,13
3-5		4–5	32,41
3-6		5–6	30,03
12-1	Полесское	0–1	23,07
12-2	Центр. часть	1–2	39,01
12-3	города	2–3	25,35
12-4		3–4	26,88
12-5		4–5	28,59
12-6		5–15	249,20
14-1	Полесское	0–1	16,89
14-2	Заливной луг	1–2	15,40
14-3	У реки Уж	2–3	20,06
14-4		3–4	25,55
14-5		4–5	34,87
16-1	Полесское	0–1	18,06
16-2	Частный сад по ул.Владимирской	1–2	18,75
16-3		2–3	27,81
16-4		3–4	29,48
16-5		4–5	31,24
16-6		5–15	344,37

басы находятся в сравнительно широком диапазоне (от нижнего предела обнаружения до 126 кБк/кг мокр. веса), в зависимости от того, чем и как кормят животных.

В заключение можно сказать, что контрольные населенные пункты и прилегающие к ним районы могут считаться зонами, практически не загрязненными в результате выпадения радионуклидов. Низкие уровни радиоактивного загрязнения наблюдались лишь в некоторых отдельных случаях.

3.4. Профили мощности доз, измеренные вдоль дорог в Гомельской области, БССР

Для постоянного контроля территорий Гомельской области, расположенных вблизи от дорог, использовались передвижные лаборатории. Целью проводимых измерений являлось обнаружение и локализация районов с повышенным уровнем выпадения радионуклидов (“горячие пятна”) вблизи от дорог.

В состав применявшегося оборудования входили два пластиковых сцинтилляционных детектора размером 3 × 4 дюйма (7,8 см × 10,2 см) и измеритель мощности дозы. Детекторы были откалиброваны для измерения мощности дозы облучения от цезия-137, установлены на высоте 1,5 м от земли и разделены свинцовым экраном толщиной 3 см. Этот метод позволяет дифференцировать мощность внешней дозы, получаемой снизу, слева и справа от передвижной лаборатории (до 3 м в обе стороны от дороги). Чувствительность оборудования позволяет на отрезке дороги длиной 8 м обнаружить повышение мощности внешней дозы в 3 раза (от 0,5 до 0,15 μЗв/ч) при скорости движения лаборатории 30 км/ч. По трем маршрутам было обследовано около 500 км дорог (табл. 33).

Результаты исследования показывают, что мощность дозы на больших расстояниях, как правило, невелика (менее 0,16 μЗв/ч). Повышенные уровни ($\leq$ 3,8 μЗв/ч) встречались достаточно редко, например, между Хойниками и Комариком, между Новозыбковом и Гомелем и в районе Озовья. Советская сторона не предоставила международной группе экспертов аналогичных данных.

3.5. Уровни загрязнения радионуклидами в экосистемах почва–трава–молоко

Подробно экосистемы изучались в трех районах: Новозыбкове, Брагине и Овруче. Общей целью исследования было косвенное подтверждение официальной советской оценки уровней радиоактивного загрязнения в пострадавших райо-

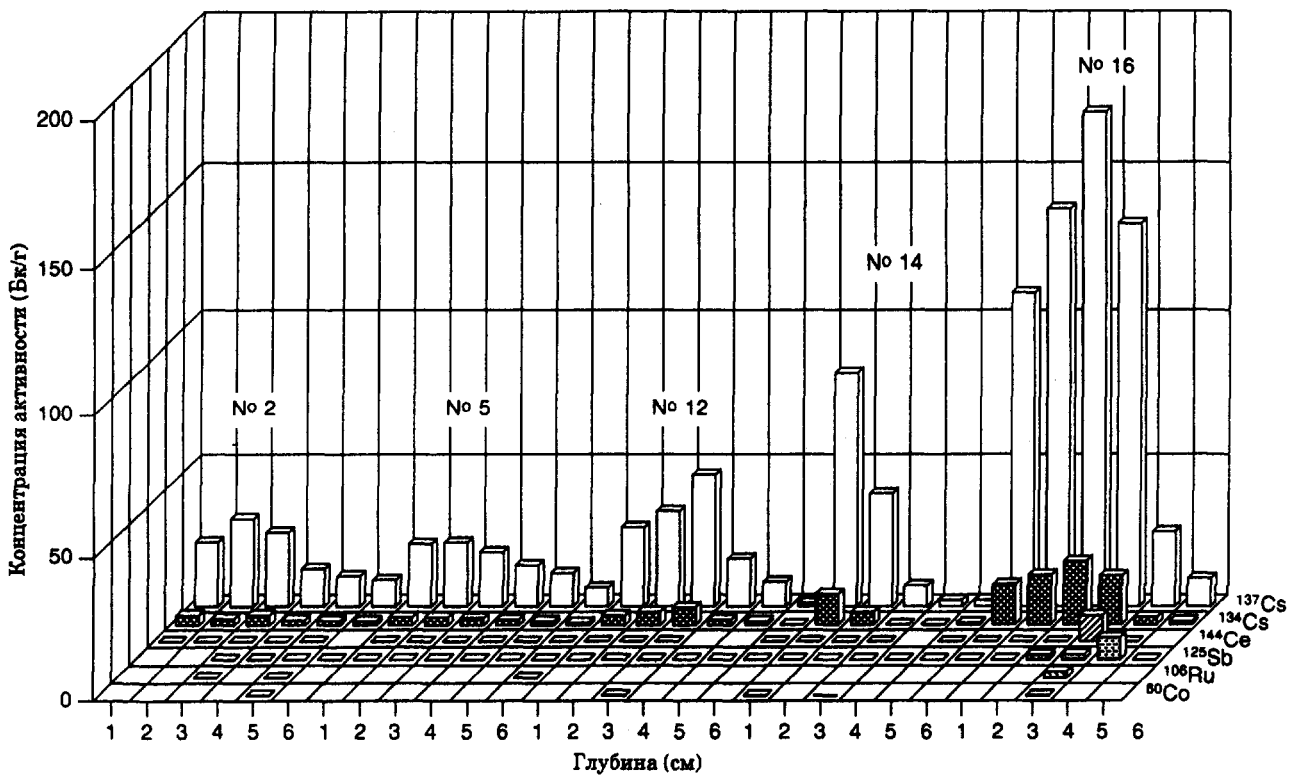


Рис. 41. Распределение источников гамма-излучения в почве по глубине в пробах из Брагина и Полесского. Концентрация радионуклидов в различных слоях почвы 2–16. [Источник: П. Зомбори]

Таблица 28

Сравнение результатов измерения содержания нуклидов цезия при въезде в Брагин и Полесское; измерения производились группой международных экспертов и сравнивались с официальными советскими данными (см. карты радиоактивного загрязнения). [*Источник: Х. Леттнер и его группа*]

Нас. пункт	Местонахождение	Концентрация активности		
		Измерения		Официальные данные
		(кБк/м^2)	(кБк/м^2)	(кБк/м^2)
Брагин	Спортивная площадка:			
	Cs-134	54	1,5	
	Cs-137	351	9,5	
	Итого:	405	11	15–20
	Гидрометеорологическая станция:			
	Cs-134	122	3,3	
	Cs-137	844	23	
	Итого:	966	26	20–30
	Мемориальный парк:			
	Cs-134	85	2,3	
	Cs-137	569	15	
	Итого:	654	18	15–20

Таблица 28 (продолжение)

Нас. пункт	Местонахождение	Концентрация активности		
		Измерения		Официальные данные
		(кБк/м^2)	(кБк/м^2)	(кБк/м^2)
	Кладбище:			
	Cs-134	169	4,6	
	Cs-137	1170	32	
	Итого:	1339	36	20–30
Полесское	Затопленный участок за городом у р. Уж:			
	Cs-134	184	5	
	Cs-137	1110	30	
	Итого:	1294	35	15–40
	Западное кладбище:			
	Cs-134	150	4,5	
	Cs-137	1100	30	
	Итого:	1250	34	40–60
	Северное кладбище:			
	Cs-134	50	1,4	
	Cs-137	340	0,2	
	Итого:	390	11	15
	Вблизи дороги на Овруч:			
	Cs-134	84	2,3	
	Cs-137	580	16	
	Итого:	664	18	15–40

Таблица 29

Концентрация радона внутри помещений в Брагине и Далете. [*Источник: Е. Верштейн-Вернер*]

Номер участка	Участок измерения	Концентрация Rn-222 (Бк/м^3)	Мощность дозы (μЗв/ч)	
			E-PERM™/фон	Показатель дозиметра
		Брагин		
1	Санитарное помещение, 2 этаж	18	0,16	0,08
2	Санитарное помещение, 1 этаж	18	0,38	0,34
3	Детский сад	41	0,29	0,6
4	Частный дом на берегу реки	39	0,18	0,15
5	пер. Кравченко, 11	38	0,19	0,33
6	Больница, комната отдыха сотрудников лаборатории	35	0,16	0,26
7	Лаборатория больницы, 2 этаж	9	0,24	0,21

Таблица 29 (продолжение)

Номер участка	Участок измерения	Концентрация Rn-222 (Бк/м^3)	Мощность дозы (μЗв/ч)	
			E-PERM™/фон	Показатель дозиметра
8	Эпидемиологическая лаборатория больницы[а]	420	0,19	0,15
9	Отделение милиции[б]	470	0,24	0,12
10	ул. Степная, 4[в]	300	0,31	0,50
	Далета			
42	Михаил Кулиш	35	0,14	0,18
		58	0,39	
43	Школа	2	0,17	0,18
		7	0,46	
44	Старовойт Н.Д., учитель	16	0,21	0,10
45	Германчук М.	8	0,23	0,16
46	Лещ П.И.	6	0,17	0,14

[а] Старое кирпичное здание (дозиметр находился в небольшом складском помещении).
[б] Старое кирпичное здание (дозиметр находился в небольшом складском помещении).
[в] Возможно дозиметр вскрывался.

Примечание: Среднее по Брагину (± стандартное отклонение), все измерения: 139 (±183);
Среднее по Брагину (± стандартное отклонение), исключая № 8-10: 28 (±13);
Среднее по Далете (± стандартное отклонение): 19 (±20).

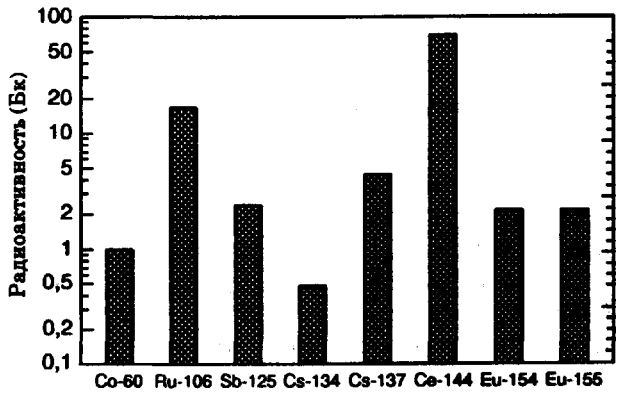


Рис. 42. Радионуклидный состав "горячей" частицы, обнаруженной в пробе почвы, отобранной в Полесском. [Источник: П. Зомбори]

нах с использованием в качестве относительного индикатора экосистемы почва–трава–молоко.

Пробы почвы и травы отбирались на территориях с неповрежденным покрытием (пастбища и леса). Методика отбора проб почвы и травы соответствовала рекомендациям МАГАТЭ [17]. Брались пробы женского грудного молока и коровьего молока. Анализ проб проводился при помощи методов гамма-спектрометрии, альфа-спектрометрии и обычных радиохимических методов. С целью обеспечения качества контроля и сравнимости данных была проведена взаимная сверка результатов двух аналитических лабораторий (табл. 34).

Анализ проб дал следующие результаты (табл. 35–38; рис. 43):

Таблица 30

Мощность дозы в помещениях и вне помещений в контрольных населенных пунктах. [*Источник: Ф. Штайнхеслер, М. Драйсер, Е. Хенрик*]

Населенный пункта	Количество измерений	Мощность дозы (Зв/ч)		
		Мин.	Макс.	Среднее (± стандартное отклонение)
Траковичи				
Вне помещений	8	0,12	0,24	0,20 ± 0,04
В помещениях	5	0,18	0,25	0,22 ± 0,03
Красиловка				
Вне помещений	10	0,11	0,15	0,13 ± 0,01
В помещениях	2	0,15	0,18	0,13 ± 0,01
Кировск				
Вне помещений	19	0,04	0,12	0,07 ± 0,02
В помещениях	18	0,04	0,12	0,08 ± 0,02
Ходосы				
Вне помещений	9	0,06	0,09	0,07 ± 0,01
В помещениях	10	0,06	0,11	0,08 ± 0,01
Унеча				
Вне помещений	15	0,04	0,10	0,06 ± 0,02
В помещениях	13	0,04	0,10	0,07 ± 0,02
Сураж				
Вне помещений	16	0,04	0,18	0,08 ± 0,04
В помещениях	16	0,04	0,15	0,08 ± 0,03

Таблица 31

Поверхностная активность цезия-137 в контрольных населенных пунктах. [*Источник: Е. Хенрик*]

Населенный пункт	Поверхностная активность ($кБк/м^2$)
Унеча	10–12
Сураж	6–9
Кировск	6–16
Ходосы	4–14

Новозыбковский район

Официальные советские данные по поверхностному загрязнению почвы, представленные Всесоюзным научно-исследовательским институтом сельскохозяйственной радиологии (Обнинск), соответствуют уровням загрязнения цезием-137, определенным в пробах экосистемы почва–трава, взятых в трех различных населенных пунктах.

Присутствие в пробах церия-144 и америция-241 может служить доказательством наличия в окружающей среде плутония-239 и плутония-240,

Таблица 32
Концентрация цезия-137 в пищевых пробах, отобранных в контрольных населенных пунктах. [*Источник: М. Макаревич и Е. Хенрик*]

Населенный пункт	Концентрация цезия (Бк/кг мокрого веса)
Траковичи	
Молоко, хлеб, зерно, мясо, огурцы, сладкий перец, картофель, помидоры (консервированные)	ПО
Капуста	17
Красиловка	
Картофель	ПО
Мясо	ПО
Свекла	9
Капуста	10
Унеча	
Молоко	ПО
Хлеб	ПО
Мясо	ПО–126
Колбаса	13
Картофель, свекла, морковь, капуста	ПО
Сураж	
Молоко, мясо	ПО
Хлеб, мясо	ПО
Картофель, морковь, свекла, капуста	ПО
Кировск	
Молоко, сыр	ПО
Хлеб	ПО
Мясо, колбаса	ПО–10
Картофель, капуста	ПО
Рыба	ПО
Ходосы	
Хлеб	ПО
Мясо	ПО
Колбаса	ПО
Картофель, лук	ПО

Примечание: ПО: предел обнаружения (≤ 7 Бк/кг мокрого веса).

при условии, что процессы распределения радионуклидов в окружающей среде не изменились.

Брагинский район

По официальной советской оценке плотность загрязнения радиоактивным плутонием в этом районе составляет менее 0,1 Ки/км^2 (3,7 кБк/м^2). Поскольку большая часть плутония сосредоточена в верхних слоях почвы и дерна (5 см), это значение соответствует 80 Бк плутония на кг. Анализ проб почвы, взятых во время этого исследования на содержание плутония, дал результат 17 Бк/кг. Принимая во внимание весьма ограниченное количество взятых проб, этот результат можно считать подтверждением официальной советской оценки.

Значения уровней загрязнения коровьего молока цезием-137 и цезием-134 (табл. 38) в основном согласуются с результатами, полученными советскими специалистами (табл. 39). Что касается концентрации стронция-90, то эти официальные советские данные были переданы международной группе экспертов и включали в себя сведения за 1988 (5,6 Бк/л) и 1989 (6,4 Бк/л) годы. Взятая для сравнения величина, полученная по молоку международной группой экспертов в 1990 году (6,9 Бк/л), хорошо согласуется с советскими данными.

Овручский район

Уровни загрязнения коровьего молока радиоактивным цезием достаточно хорошо согласуются с результатами, полученными советскими специалистами (табл. 40), за исключением данных по рутению-103, концентрация которого, судя по всему, снизилась к 1990 году. Поскольку коэффициент переноса радионуклидов в этом районе имеет высокие значения, индивидуальные уровни загрязнения женского грудного молока цезием-137 могут значительно превышать эти данные для двух других обследованных районов (рис. 43).

3.6. Оценка состояния окружающей среды с использованием биоиндикаторов

Известно, что некоторые растительные организмы обладают способностью накапливать значительные количества радионуклидов. Такие растения могут использоваться в качестве биоиндикаторов с целью определения относительной концентрации радионуклидов в окружающей

Таблица 33

Результаты непрерывного измерения мощности дозы (Н) на дорогах в загрязненных районах. [*Источник: М. Хайнзелман, Ф. Ширмер*]

Маршрут	Мощность дозы ($\dot{H}$) Диапазон величины (μЗв/ч)	Протяженность дороги в процентном отношении к общей протяженности обследованных дорог (%)					
		<0,25	0,25–0,50	0,50–1,0	1,0–1,5	1,5–2,5	>2,5
Направление Ветки		6	48	44	2	—	—
Брагинский район		66	19	12	1	1	1
Новозыбковский район		2	30	40	27	2	—
Новозыбков/Гомель		47	6	12	22	13	—
Овручский район		98	2	—	—	—	—
Овруч-Калиновичи		56	34	10	<1	—	—
Итого (%)		52	22	16	7	3	<1

Таблица 34

Результаты сравнительного анализа проб молока в лабораториях Югославии и Чехословакии. [*Источник: П. Стегнар*]

Номер пробы	Радионуклид	Концентрация (Бк/кг сухого веса)	
		Институт им. Й. Стефана, Любляна	Институт гигиены и эпидемиологии, Прага
107	Cs-137	10 070 ± 110	12 500
	Cs-134	1 660 ± 60	1 610
	Sr-90	47 ± 4	50
108	Cs-137	9 330 ± 100	10 800
	Cs-134	1 440 ± 120	1 470
	Sr-90	52 ± 5	46
109	Cs-137	4 770 ± 50	5 000
	Cs-134	700 ± 35	670
	Sr-90	34 ± 4	26
6	Cs-137	680 ± 8	820
	Cs-134	91 ± 11	104
	Sr-90	55 ± 5	61

Таблица 35

Концентрация радионуклидов в пробах экосистем почва-трава Новозыбковского района (в Бк/кг сухого веса). [*Источник: П. Стегнар*]

	Cs-137	Cs-134	Ru-106	Sb-125	Ce-144	K-40	Eu-154	Eu-155	Am-241
№ 1. Старые Бобовичи[а]									
Трава, 2 м^2	21 890	3 050	43	55	32	800			
Дерн, 0–2 см	30 000	4 500	710	315	100	490	13		
Корневой слой почвы, 2–6 см	8 170	1 260	240	170	40	370			
Почва, 6–10 см	1 570	238	76	50		357			
№ 2. Гатка[б]									
Трава, 1 м^2	6 660	1 040				550			
Дерн, 0–3 см	10 000	1 480	150	115	30	290			
Корневой слой почвы, 3–6 см	10 400	1 590	200	160	40	295			
Почва, 6–9 см	740	130		20		330			
№ 3А. Новые Бобовичи[в]									
Крупные частицы органических веществ, 0–1 см	237 600	36 600	4460	5600	460	160	125	120	37
Органические вещества в почве, 0–1 см	38 000	5 900	1080	1000		270	13		
Почва, 1–4 см	1 015	155	165	96		262	1,2		

[а] Старые Бобовичи — луг с ненарушенной почвой; мощность дозы гамма-излучения: 200–300 μР/ч (2–3 μГр/ч). Поверхностное загрязнение: 40–45 Ки/км^2 цезия-137 (1,48–1,66 МБк/м^2).

[б] Гатка — луг с ненарушенной почвой; мощность дозы гамма-излучения: 80–100 μР/ч (0,8–1,0 μГр/ч). Поверхностное загрязнение: 15–20 Ки/км^2 цезия-137 (0,55–0,75 МБк/м^2).

[в] Новые Бобовичи — (Роса) лес; мощность гамма-дозы приблизительно равна 500 μР/ч (5 μГр/ч). Поверхностное загрязнение: 60–75 Ки/км^2 цезия-137 (2,2–2,8 МБк/м^2).

Таблица 36

Концентрация радионуклидов в пробах экосистем почва-трава Брагинского района (в Бк/кг сухого веса). [*Источник: П. Стегнар*]

	Cs-137	Cs-134	Ru-106	Sb-125	Ce-144	K-40	Eu-154	Eu-155	Am-241	Co-60
№ 5. Маложин[а]										
Трава, 1 м^2	270	40			7	890				
Дерн, 0–3 см	125	16		2	4	370				
Корневой слой почвы, 3–8 см	90	17		3	10	440				
Почва, 8–11 см	150	30		3	<5	370				
№ 6. Гдень[б]										
Трава, 1 м^2	120	22				800				
Дерн, 0–3 см	16 660	2460	2610	360	3600	230	134	135	33	14
Корневой слой почвы, 3–6 см	190	22	38	14	33	184	3,6	2,2		
Почва, 6–10 см	41	5,8		5,9		170	1,5			

Таблица 36 (продолжение)

	Cs-137	Cs-134	Ru-106	Sb-125	Ce-144	K-40	Eu-154	Eu-155	Am-241	Co-60
№ 7. Брагин[а]										
Дерн+почва, 0–5 см	5 950	890	550	130	1430	150	39	38	13	
Почва, 5–10 см	39	3		7		200				

[а] Маложин — луг с ненарушенной почвой; мощность дозы гамма-излучения приблизительно равно 10 μР/ч (0,1 μГр/ч).
Поверхностное загрязнение приблизительно равно 2 Ки/км^2 цезия-137 (0,1 МБк/м^2). Стронций-90 0,4 Ки/км^2.

[б] Гдень — луг с ненарушенной почвой; мощность дозы гамма-излучения: 10–15 μР/ч (0,1–0,15 μГр/ч).
Поверхностное загрязнение: 5–6 Ки/км^2 цезия-137 (0,2 МБк/м^2). Стронций-90 1,6 Ки/км^2.

[в] Брагин — ненарушенная почва, поросшая травой; мощность дозы гамма-излучения достигает 15 μГр/ч (0,15 μГр/ч).
Предположительное поверхностное загрязнение плутонием-239 и плутонием-240: приблизительно равно 0,15 Ки/км^2 (5,5 кБк/м^2).

Таблица 37

Концентрация радионуклидов в пробах экосистемы почва-трава Овручского района (в Бк/кг сухого веса). [*Источник: П. Стегнар*]

	Cs-137	Cs-134	Ru-106	Sb-125	Ce-144	K-40	Eu-154	Eu-155	Am-241	Co-60
№ 8. Милча (Далета)[а]										
Дерн, 0–3 см	560	72		6	17	100				
Почва, 3–8 см	220	31		2	8	56				
№ 9. Ракитное[б]										
Трава, 1 м^2	1470	224				470				
Дерн, 0–3 см	8630	1345	80	110	160	120				
Почва, 3–8 см	422	65		12		90				
№ 10. Мачульня[в]										
Дерн, 0–3 см	9840	1490	385	140	600	160	31	30	13	8
Почва, 3–8 см	145	23	40		5	165				

[а] Милча — расположена вблизи Далеты, низкий уровень загрязнения почвы и высокий уровень загрязнения пищевых продуктов цезием-137 и цезием-134.
Поверхностное загрязение приблизительно равно 5 Ки/км^2 цезия-137 (0,2 МБк/м^2).

[б] Ракитное — высокий уровень загрязнения почвы и пищевых продуктов.
Поверхностное загрязнение достигает 15 Ки/км^2 цезия-137 (0,6 МБк/м^2).

[в] Мачульня — низкий уровень загрязнения почвы и пищевых продуктов.

Таблица 38

Концентрация цезия-137, цезия-134 и стронция-90 в женском грудном и коровьем молоке (Новозыбковский, Брагинский и Овручский районы). [*Источник: П. Стегнар*]

	Cs-137 (Бк/л)	Cs-134 (Бк/л)	Sr-90 (Бк/л)
Новозыбковский район			
Женское грудное молоко, среднее значение,(разброс) (5 проб)	8,0 (1,9–14,1)	—	—
Брагинский район			
Женское грудное молоко, среднее значение (разброс) (8 проб)	10,6 (3,1–18,2)	—	—
Коровье молоко, среднее значение (разброс) (1 проба)	85	11,8	6,9
Овручский район			
Женское грудное, молоко, среднее значение (разброс) (7 проб)	18,9 (3,7–61,2)	—	—
Коровье молоко, среднее значение (разброс) (3 пробы)	1068 (645–1410)	152	5

Примечание: Далета: молоко из личных подсобных хозяйств собрано в одну емкость. Ракитное: молоко из личных подсобных хозяйств собрано в одну емкость. Словечно: молоко из колхозов собрано в одну емкость.

среде. Была введена в действие программа биологического контроля с применением физико-химических методов в оценке радиационной обстановки на территориях, загрязненных в результате выпадения радионуклидов.

Было отобрано 200 проб лишайников (*Parmelia sulcata*) вместе с корой (на высоте приблизительно 1,5 м от земли) и 65 проб почвы. Точки отбора проб находились в Новозыбковском, Брагинском и Овручском районах. Лишайники были отделены от коры, промыты, измельчены и подвергнуты сублимационной сушке. Пробы почвы высушивались при температуре 50°С, а затем измельчались.

Все пробы анализировались на содержание цезия-137 при помощи методов гамма-спектрометрии с использованием германиевого детектора канального типа (КПД — 9,8%). Итоговые результаты приведены на рис. 44 и 45. Они свидетельствуют о корреляции между официальными советскими данными по выпадению (см. табл. 1) цезия-137 на почву и концентрацией цезия-137 в пробах лишайников, отобранных в тех же районах. Эти данные не имеют большого статистического значения. Данные, полученные в результате отбора и анализа проб международной группой экспертов, не согласовывались с принятой в СССР классификацией почв.

3.7. Программа отбора проб воды

Выпадение радионуклидов на почву может оказать влияние на качество поверхностных и грунтовых вод в результате поступления фильтрационной воды в водоносный слой. Поэтому в 16 населенных пунктах районов, где произошло выпадение радиоактивных осадков, в разных местах были отобраны пробы воды. Пробы отбирались в колодцах, выкопанных вручную, системах общественного водоснабжения, прудах, озерах, оросительных каналах, ручьях и реках. Кроме того, были также отобраны пробы отложений, которые затем разрезали вдоль для оценки распределения радионуклидов по глубине. Подготовка проб заключалась в фильтровании проб воды через нитроцеллюлозные фильтры



Рис. 43. Концентрация цезия-137 в женском грудном молоке (Новозыбковский, Брагинский и Овручский районы). [Источник: П. Стегнар]

Таблица 39

Официальные советские данные по концентрации цезия-137 в окружающей среде и сельскохозяйственных продуктах в 1989 году (Брагинский район)

Загрязнение сельскохозяйственных угодий цезием-137 и цезием-134

	1–5 Ки/км^2	5–15 Ки/км^2	15–40 Ки/км^2
Сельскохозяйственные угодья (%)	54,1	32,3	13,6

Загрязнение сельскохозяйственных угодий стронцием-90

	0–1 Ки/км^2	1–3 Ки/км^2	3 Ки/км^2 и более
Сельскохозяйственные угодья (%)	42,5	49,4	8,1

Загрязнение населеных пунктов цезием-137 и стронцием-90

	Cs-137 (Ки/км^2)	Sr-90 (Ки/км^2)
Брагин	27,0	2,1
Микуличи	17,0	0,95
Маложин	2,0	0,4
Гдень	5,6	1,6

Загрязнение сельскохозяйственных продуктов цезием-137

Молоко	до 1×10^{-8} Ки/л	- 87%
Картофель	до 2×10^{-8} Ки/кг	-100%
Сено	до 5×10^{-8} Ки/кг	- 67%
Силос	до $2{,}5 \times 10^{-8}$ Ки/кг	- 71%
Травяной силос	до $2{,}5 \times 10^{-8}$ Ки/кг	- 46%
Злаковые	до 1×10^{-8} Ки/кг	-100%
Корнеплоды	до 2×10^{-8} Ки/кг	-100%

Примечание: 1 Ки = 37 ГБк.

Таблица 40

Официальные советские данные по концентрации радионуклидов в молоке (Овручский район).
Результаты спектрометрических исследований молока из разных населенных пунктов, 16-17 июля 1990 года. [*Источник: П. Стегнар*]

Населенный пункт	Тип и номер пробы	Изотоп	Активность Бк/л	Активность Ки/л
Словечно	Молоко, сборный пункт, общественный	Cs-137	341	$9{,}2 \times 10^{-9}$
Мичульня	Общественный, частный сектор	Cs-134	74	$2{,}0 \times 10^{-9}$
		Cs-137	317	$8{,}6 \times 10^{-9}$
		Σ	391	$1{,}06 \times 10^{-8}$
		Ru-103	435	$1{,}2 \times 10^{-8}$
		Ra-226	52	$1{,}4 \times 10^{-9}$
Корчевка	Общественный, частный сектор —			
	Проба № 1	Cs-134	118	$3{,}2 \times 10^{-9}$
		Cs-137	629	$1{,}7 \times 10^{-8}$
		Σ	747	$2{,}0 \times 10^{-8}$
	Проба № 2	Cs-137	606	$1{,}6 \times 10^{-8}$
	Проба № 3	Cs-134	140	$3{,}8 \times 10^{-9}$
		Cs-137	850	$2{,}3 \times 10^{-8}$
		Σ	990	$2{,}68 \times 10^{-8}$
Ракитное	Общественный, частный сектор	Cs-137	1200	$3{,}29 \times 10^{-8}$
	Колхоз	Cs-137	470	$1{,}22 \times 10^{-8}$
	Частный сектор	Cs-134	185	5×10^{-9}
		Cs-137	1369	$3{,}7 \times 10^{-8}$
		Σ	1554	$4{,}2 \times 10^{-8}$
Далета	Частный сектор —			
	Проба № 1	Cs-134	73	$2{,}0 \times 10^{-9}$
		Cs-137	1180	$3{,}2 \times 10^{-8}$
		Σ	1253	$3{,}4 \times 10^{-8}$
		Ru-103	436	$1{,}2 \times 10^{-8}$
		Ra-226	53	$1{,}4 \times 10^{-9}$
	Частный сектор —			
	Проба № 2	Cs-134	247	$6{,}7 \times 10^{-9}$
		Cs-137	1710	$4{,}6 \times 10^{-8}$
		Σ	1957	$5{,}27 \times 10^{-8}$
	Проба № 3	Cs-134	351	$9{,}5 \times 10^{-9}$
		Cs-137	2553	$6{,}9 \times 10^{-8}$
		Σ	2904	$7{,}85 \times 10^{-8}$

Примечание: Исследования проводились в энергетическом диапазоне 550–850 кэВ (энергетический диапазон изотопов цезия), а не для всего спектра. Вероятность = 95%; относительная погрешность = 3,6–11,3%. Исследования были проведены инженером санитарно-эпидемиологической станции в Овруче П.В. Колядко с использованием импусного анализатора AI-1024-95-17 № 709, аттестованного 29 ноября 1989 года.

1 Ки = 37 ГБк.

Таблица 41

Концентрация нуклидов в пробах воды. [*Источник: Ф. Маринджер и его группа*]

Местонахождение (место отбора пробы)	Концентрация нуклида (Бк/л)				
	Cs-134	Cs-137	Ce-144	Rh-106	Sb-125
		Брагин			
Оросительный канал, колодец, система общественного водоснабжения (ф)	ПО	ПО	ПО	ПО	ПО
		Далета			
Колодец (ф)	ПО	ПО	ПО	ПО	ПО
		Гатка			
Колодец (ф)	ПО	ПО	ПО	ПО	ПО
		Гдень			
Водопроводная вода (нф)	ПО	ПО	ПО	ПО	ПО
		Комарин			
Колодец (ф)	ПО	ПО	ПО	ПО	ПО
Система общественного водоснабжения (нф)	ПО	ПО	ПО	ПО	ПО
		Корчевка			
Колодец (ф)	ПО	ПО	ПО	ПО	ПО
		Маложин			
Стоячие почвенные воды (ф)	ПО	ПО	ПО	ПО	ПО
		Микуличи			
Пруд (нф)	$1 \pm 0{,}2$	7 ± 1	ПО	ПО	ПО
Колодец	ПО	ПО	ПО	ПО	ПО
		Новое Место			
Колодец (ф)	ПО	ПО	ПО	ПО	ПО
		Новозыбков			
Озеро	ПО	ПО	ПО	ПО	ПО
		Новые Бобовичи			
Колодец (ф)	ПО	ПО	ПО	ПО	ПО
Пруд (ф)	ПО	6 ± 1	ПО	ПО	ПО
Система общественного водоснабжения (нф)	ПО	ПО	ПО	ПО	ПО
		Овруч			
Река, озеро, колодец (ф)	ПО	ПО	ПО	ПО	ПО
		Ракитное			
Колодец (ф)	ПО	ПО	ПО	ПО	ПО
Колодец (нф)	ПО	ПО	ПО	ПО	ПО
Пруд (ф)	ПО	$2 \pm 0{,}3$	ПО	ПО	ПО

Таблица 41 (продолжение)

Местонахождение (место отбора пробы)	Концентрация нуклида (Бк/л)				
	Cs-134	Cs-137	Ce-144	Rh-106	Sb-125
		Савичи			
Озеро, колодец (ф)	ПО	ПО	ПО	ПО	ПО
		Словечно			
Русло, колодец (ф)	ПО	ПО	ПО	ПО	ПО
Колодец (нф)	ПО	ПО	ПО	ПО	ПО
		Старые Бобовичи			
Колодец, река (ф)	ПО	ПО	ПО	ПО	ПО
Система общественного водоснабжения (нф)	ПО	ПО	ПО	ПО	ПО
		Сваятск			
Колодец (ф)	ПО	ПО	ПО	ПО	ПО
Система общественного водоснабжения (нф)	ПО	ПО	ПО	ПО	ПО

Примечание: ф: фильтрованная проба; нф: нефильтрованная проба. Пределы обнаружения (ПО) отдельных нуклидов в воде: цезий-134: 0,3; цезий-137: 0,3; церий-144: 1,8; родий-106: 2,5; сурьма-125: 0,8.

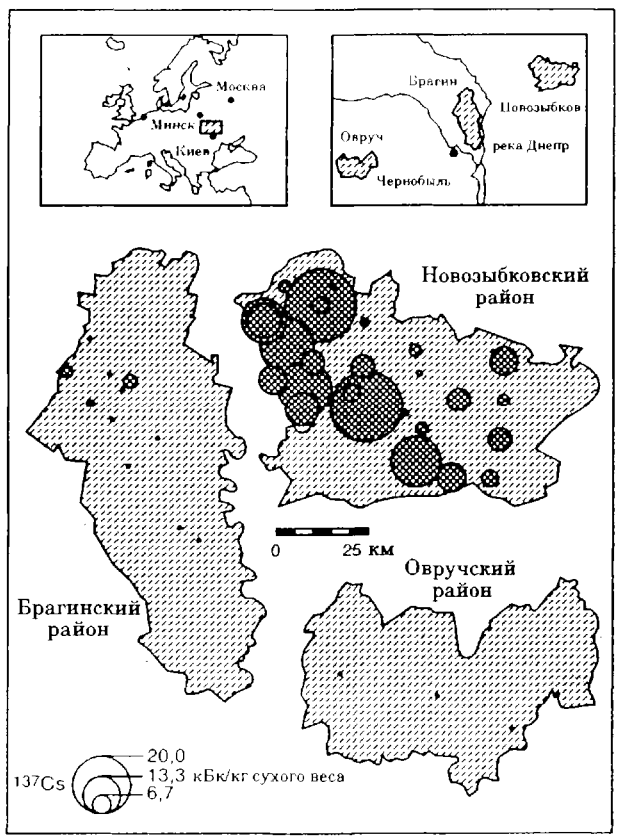


Рис. 44. Концентрация цезия-137 в пробах почвы (Брагинский, Новозыбковский и Овручский районы). [Источник: Г.Дж. Ван Ден Берг и его группа]

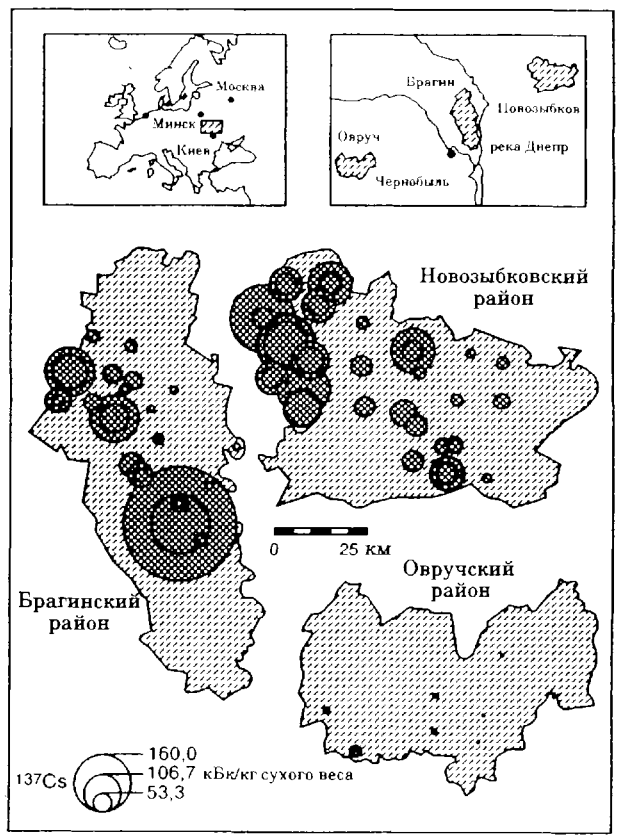


Рис. 45. Концентрация цезия-137 в пробах лишайника *(Parmelia sulcata)* (Брагинский, Новозыбковский и Овручский районы). [Источник: Г. Дж. Ван Ден Берг и его группа]

Таблица 42

Концентрация нуклидов в остатке на водяных фильтрах. [*Источник: Ф. Маринджер и его группа*]

Местонахождение (место отбора пробы)	Концентрация нуклидов (мБк/л)				
	Cs-134	Cs-137	Ce-144	Rh-106	Sb-125
Брагин					
Оросительный канал	ПО	3 ± 1	ПО	ПО	ПО
Колодец, система общественного водоснабжения	ПО	ПО	ПО	ПО	ПО
Далета					
Колодец	ПО	ПО	ПО	ПО	ПО
Гатка					
Колодец	ПО	ПО	ПО	ПО	ПО
Комарин					
Колодец	ПО	ПО	ПО	ПО	ПО
Корчевка					
Колодец	ПО	ПО	ПО	ПО	ПО
Маложин					
Стоячая почвенная воды	ПО	25 ± 7	ПО	ПО	ПО
Микуличи					
Колодец	ПО	ПО	ПО	ПО	ПО
Новое Место					
Колодец	ПО	ПО	ПО	ПО	ПО
Новозыбков					
Озеро	ПО	78 ± 11	ПО	ПО	ПО
Новые Бобовичи					
Пруд	88 ± 14	470 ± 42	ПО	ПО	ПО
Колодец	41 ± 11	234 ± 23	ПО	ПО	ПО
Овруч					
Река, озеро, колодец	ПО	ПО	ПО	ПО	ПО
Ракитное					
Колодец	ПО	ПО	ПО	ПО	ПО
Пруд	ПО	68 ± 15	ПО	ПО	ПО
Савичи					
Озеро	ПО	44 ± 9	ПО	ПО	ПО
Колодец	ПО	ПО	ПО	ПО	ПО
Словечно					
Русло, колодец	ПО	ПО	ПО	ПО	ПО
Старые Бобовичи					
Колодец, река, система общественного водоснабжения	ПО	ПО	ПО	ПО	ПО
Святск					
Колодец	ПО	ПО	ПО	ПО	ПО

Примечание: Пределы обнаружения (ПО) отдельных нуклидов на водяных фильтрах (мБк/л): цезий-134: 10,0; цезий-137: 9,0; церий-144: 61,0; родий-106: 84,0; сурьма-125: 36,0.

Таблица 43

Распределение радионуклидов в донных отложениях на разной глубине. [*Источник: Ф. Маринджер и его группа*]

Местонахождение (место отбора пробы)	Глубина (см)	Концентрация нуклидов (Бк/кг)				
		Cs-134	Cs-137	Ce-144	Rh-106	Sb-125
		Гдень				
Берег реки	0–5	1740 ± 95	11 800 ± 690	53 ± 9	157 ± 20	116 ± 8
	5–10	485 ± 28	3 370 ± 200	ПО	ПО	ПО
	10–15	113 ± 7	810 ± 49	ПО	ПО	ПО
	15–20	5 ± 1	36 ± 3	ПО	ПО	ПО
	20–25	ПО	10 ± 1	ПО	ПО	ПО
		Корчевка				
Пруд	0–5	ПО	6 ± 1	ПО	ПО	ПО
		Маложин				
Поверхностная вода	0–5	22 ± 2	180 ± 11	По	36 ± 8	ПО
	5–15	5 ± 1	32 ± 2	ПО	ПО	ПО
		Микуличи				
Пруд	0–5	218 ± 13	1 480 ± 88	ПО	ПО	ПО
	5–10	323 ± 18	2 200 ± 130	59 ± 10	ПО	38 ± 6
	10–15	30 ± 2	220 ± 13	ПО	ПО	ПО
		Новозыбков				
Озеро	0–5	ПО	40 ± 3	ПО	ПО	ПО
	5–10	ПО	9 ± 1	ПО	ПО	ПО
	10–24	ПО	39 ± 3	ПО	ПО	ПО
	24–29	ПО	10 ± 1	ПО	ПО	ПО
	29–35	ПО	4 ± 1	ПО	ПО	ПО
		Новые Бобовичи				
Пруд	0–1	831 ± 46	5 690 ± 340	ПО	109 ± 37	ПО
	1–18	34 ± 2	231 ± 14	ПО	ПО	ПО
	18–20	ПО	3 ± 1	ПО	ПО	ПО
		Овруч				
Озеро	0–12	40 ± 3	255 ± 16	ПО	ПО	ПО
	2–7	51 ± 3	309 ± 18	ПО	ПО	ПО
	7 ± 12	37 ± 2	238 ± 14	ПО	ПО	ПО
	12 ± 17	11 ± 1	82 ± 5	ПО	ПО	ПО
		Ракитное				
Пруд	0–1,5	16 ± 1,5	110 ± 8	ПО	ПО	ПО
	1,5–6	10 ± 1	70 ± 5	ПО	ПО	ПО
	6–11	ПО	4 ± 1	ПО	ПО	ПО
		Савичи				
Озеро	0–2	135 ± 10	977 ± 61	ПО	ПО	ПО
	2–15	15 ± 12	119 ± 8	ПО	ПО	ПО
		Словечно				
Русло	0–2	ПО	5 ± 1	ПО	ПО	ПО
		Старые Бобовичи				
Река	0–5	207 ± 12	1 420 ± 83	ПО	ПО	ПО
	5–13	7 ± 1	50 ± 3	ПО	ПО	ПО
	13–24	ПО	3 ± 1	ПО	ПО	ПО

Примечание: Предел обнаружения (ПО) для отложений (Бк/кг): цезий-134: 1,4; цезий-137: 1,9; церий-144: 12,0; родий-106: 17,0; сурьма-125: 4,2.

Таблица 44

Концентрация цезия-137 в пробах почвы. [*Источник: К. Бучтела*]

Участок (количество проб) тип работы	Cs-137 (кБк/м^2)	Макс. удельная активность Cs-137 (Бк/г) по глубине (см)
	Брагин (n=5)	
Участок с ненарушенной почвой	930	16 (0-5)
Вспаханный участок, сад	552-2915	4,5-24 (10-20)
Сад после дезактивации	138	0,3 (5-10)
	Далета (n=8)	
Сад/пастбище/луг	214-398	1,4-9,1 (0-10)
Поле под картофель/овес	277-386	2,3-2,7 (5-10)
Участок с ненарушенной почвой	82	2,1 (0-2,5)
Лес	130	3,0 (0-2,5)
	Гдень (n=6)	
Пастбище	340-415	14-17 (0-2,5)
Поле под рожь	221	0,7 (10-15)
Сад	121-356	2,4-4,4 (0-10)
Лес	74	1,3 (0-2,5)
	Комарин (n=5)	
Сад	158-160	0,7-1,5 (5-15)
Поле под картофель/рожь	72-93	0,3-0,5 (0-2,5)
Лес	100	1,8 (0-2,5)
	Корчевка (n=6)	
Сад/пастбище/луг	117-283	1,4-3,3 (0-5)
Поле	235	0,9 (10-15)
Вблизи колодца	179	2,6 (0-2,5)
Лес	87	1,1 (0-2,5)
	Маложин (n=5)	
Пастбище	27	0,6 (0-2,5)
Вблизи пруда	160	2,5 (2,5-5)
Поле под овес/огород	15-42	0,2-0,3 (0-2,5)
Лес	38	1,8 (0-2,5)
	Микуличи (n=6)	
Пастбище/луг	123-1378	1,3-28 (0-5)
Поле под овес/рожь	1101-1554	5,8-6 (5-15)
Луг после дезактивации	155	2,2 (0-2,5)
	Новозыбков (n=11)	
Пастбище	696	14 (0-2,5)
Поле	558-1855	1,6-9,2 (0-15)
Вблизи озера	673	27 (0-2,5)
Участок с ненарушенной почвой	899	13 (0-2,5)
Вблизи "горячего пятна"	1448	13 (2,5-5)
Лес	748-1109	13-19 (0-2,5)

Таблица 44 (продолжение)

Участок (количество проб) тип работы	Cs-137 (кБк/м^2)	Макс. удельная активность Cs-137 (Бк/г) по глубине (см)
	Новые Бобовичи (n=6)	
Сад/поле	665-1117	3,9-5 (5-10)
Луг/пастбище	1756-2060	20-38 (0-10)
Лес	1428	36 (0-2,5)
	Овруч (n=6)	
Сад/пастбище	143-153	0,9-2,1 (0-2,5)
Поле	116-195	0,5-0,8 (0-5)
Участок с ненарушенной почвой	101-153	1,6-2,8 (0-2,5)
	Ракитное (n=8)	
Вблизи школы/парк	363-441	7,9-14 (0-2,5)
Сад/луг	108-477	1,1-4,3 (0-5)
Огород/поле	232-930	1,4-1,7 (0-5)
Участок с ненарушенной почвой	240	4,5 (0-2,5)
Лес	49	2,4 (0-2,5)
	Савичи (n=6)	
Луг	419	2,9 (5-10)
Сад	199-909	0,8-13 (0-5)
Поле под рожь	187	0,8 (2,5-15)
Поле после дезактивации	32	0,7 (0-2,5)
	Словечно (n=7)	
Поле	82-90	0,3-0,4 (2,5-15)
Сад/пастбище	92-122	0,8-1,5 (0-5)
Вблизи колодца	169	2,7 (0-2,5)
Участок с ненарушенной почвой	52-171	0,5-1,7 (0-15)
	Старые Бобовичи (n=5)	
Лес	1049	38 (0-2,5)
Луг	910-1574	8-18 (0-5)
Участок с ненарушенной почвой	1564	29 (0-2,5)
Сад	1214	28 (0-2,5)
	Святск (n=8)	
Пастбище, сад	1528-2845	7,8-9,2 (5-10)
Сад после дезактивации	3398	15 (5-10)
Луг после дезактивации	150	2,2 (0-2,5)
Лес	572	16 (0-2,5)
Участок с ненарушенной почвой	28	5,2 (2,5-10)
"Горячее пятно"	12717	220 (2,5-5)

Таблица 45

Концентрация цезия-137 в пробах травы. [*Источник: П. Стегнар и Е. Ловранич*]

Населенный пункт	Концентрация нуклида (Бк/кг, сухой вес)
Брагин	131–1 080
Маложин	270
Старые Бобовичи	21 900
Далета	2 890
Гатка	6 660
Полесское	1 380–7 710
Ракитное	1 470

Примечание: Общее количество проб n = 16.

Таблица 46

Концентрация цезия-137 в пробах дерна (травы). [*Источник: П. Стегнар*]

Населенный пункт	Концентрация нуклида (Бк/кг, сухой вес)
Милча	560
Маложин	125
Старые Бобовичи	30 000
Гатка	10 000
Гдень	16 700
Ракитное	8 630
Мачульня	9 840

Примечание: Общее количество проб n = 7.

(размер пор 0,45 μм) для изучения осаждений на фильтре, а также в высушивании проб отложений при температуре 105°С. Все пробы прошли гамма-спектрометрический анализ (с использованием германиевых детекторов) на содержание стронция-134, стронция-137, церия-144, родия-106 и сурьмы-125 (КПД детектора ≤30%).

Результаты анализа проб воды приведены в табл. 41. Международным экспертам не было предоставлено аналогичного набора советских данных. В большинстве случаев концентрация перечисленных выше радионуклидов была ниже предела обнаружения (ПО). Исключением явля-

Таблица 47

Концентрация стронция-90, плутония-239 и плутония-240 в пробах травы и почвы/дерна. [*Источник: А. Годс и П. Стегнар*]

Населенный пункт	Тип пробы	Концентрация нуклида (Бк/кг, сухой вес)	
		Sr-90	Pu-239/Pu-240
Брагин	Трава	141–1870	
	Почва/дерн	—	16,9
Далета	Трава	234	—
Полесское	Трава	161–1290	—

Примечание: Общее количество проб n = 12.

Таблица 48

Поверхностная активность стронция-90, плутония-238, плутония-239 и плутония-240 в верхнем слое почвы (0-1 см) Брагина, Далеты и Полесского. [*Источник: А. Годс, П. Замбори и Дж. Ла Роса*]

Местонахождение (место отбора пробы)	Поверхностная активность (Бк/м^2)		
	Pu-238	Pu-239/Pu-240	Sr-90
Брагин			
Общественное место	36	65	5 400
Двор	—	—	6 700
Участок с ненарушенной почвой	410	740	38 600
Далета			
Поле	—	—	5 500
Полесское			
Поле (вблизи дороги)	—	113	6 800
Поле (вблизи реки)	—	—	8 500
Участок с ненарушенной почвой	—	—	4 400
		1020	30 000

Таблица 49

Концентрация радионуклидов в пробах осадка на воздушных фильтрах, взятых внутри и вне помещений. [*Источник: Е. Верштейнт-Вернер и Дж. Ла Роса*]

Населенный пункт	Место отбора пробы	Концентрация нуклидов		
		Cs-134 (Бк/м^3)	Cs-137 (Бк/м^3)	α-источники (Бк/м^3)
Брагин	Внутри	ПО	ПО	0,14
	Снаружи	ПО	ПО	0,08–0,43
Овруч	Снаружи	—	—	0,01
	Снаружи	—	—	0,12–0,19
Далета	Снаружи	ПО	ПО	0,07–0,35
Гдень	Снаружи	—	—	0,12
Комарин	Снаружи	—	—	0,08
Корчевка	Снаружи	—	—	0,33–0,51
Маложин	Снаружи	—	—	0,07–0,10
Микуличи	Снаружи	—	—	0,06
Савичи	Снаружи	—	—	0,11
Ракитное	Снаружи	—	—	0,07–0,33
Словечно	Снаружи	—	—	0,27–0,51

Примечание: Общее количество проб n = 28.
ПО: предел обнаружения.

ются пробы, отобранные в трех прудах в Микуличах, Ракитном и Новых Бобовичах, которые содержали цезий-137 ($\leq$7,3 $\pm$ 0,6 Бк/л) и цезий-134 ($\leq$1,1 $\pm$ 0,2 Бк/л); уровни содержания остальных радионуклидов были ниже ПО.

Результаты анализа осаждений, полученных путем фильтрации проб воды, приведены в табл. 42. В основном концентрация радионуклидов была ниже ПО. Более высокие значения концентрации цезия (цезий-137 $\leq$470 мБк/л, цезий-134 $\leq$88 мБк/л) были обнаружены только в двух пробах фильтрованной воды из прудов в Новых Бобовичах и Ракитном и в одной пробе из вырытого вручную колодца в Новых Бобовичах.

Гамма-спектрометрический анализ проб отложений показал, что в большинстве случаев были обнаружены только изотопы цезия (цезий-134, цезий-137) (табл. 43). В пробах из Гдени, Маложина и Новых Бобовичей, в которых концентрация цезия в отложениях была существенно выше, были обнаружены и другие радионуклиды с концентрацией выше ПО, а именно: церий-144 ($\leq$ 59 Бк/кг), родий-106 ($\leq$ 157 Бк/кг) и сурьма-125 ($\leq$ 116 Бк/кг). Цезий-137 был обнаружен в верхних слоях всех образцов отложений, его концентрация составляла от 5 до 11 800 Бк/кг, что подтверждает факт поверхностного выпадения цезия в данных районах. Анализ глубинных профилей показал, что основное количество радиоактивных осадков, выпавших в результате чернобыльской аварии, обычно концентрируется в верхнем слое отложений ($\leq$ 10 см); на глубине более 10 см концентрация радионуклидов резко уменьшается. Исключением являются образцы проб из озера в Новозыбкове, где не проводилась дезактивация. В данном случае в слое на глубине от 10 до 35 см был обнаружен цезий-137, выпавший ранее в результате испытаний ядерного оружия ($\leq$ 39 Бк/кг), а над ним — цезий-137, выпавший в результате чернобыльской аварии ($\leq$ 40 Бк/кг).

3.8. Программа отбора проб почвы и растительности

На момент проведения экспертизы поступление радионуклидов в растения в основном зависело от поглощения выпавших осадков корневой системой. Для определения уровня загрязнения почвы и изучения поведения радионуклидов в экосистеме почва–растительность была осуществлена обширная программа отбора проб почвы для измерения профилей по глубине. Кроме того, в некоторых районах были отобраны пробы растительности.

Были отобраны пробы для определения профиля по глубине на участках с ненарушенной почвой, профилей почвы лугов, вспаханных полей, садов, лесных массивов, профилей почвы вблизи систем водоснабжения и в общественных местах. Всего в качестве образцов было отобрано более 100 профилей почвы (длина каждого 30 см) в 15 населенных пунктах. Материал был высушен при температуре 100°С и прошел гамма-спектрометрический анализ на содержание цезия-134 и цезия-137. В некоторых пробах при помощи радиохимического анализа [18, 19] были также обнаружены стронций-90 и плутоний-239/240.

3.8.1. Цезий в почве и растительности

Результаты анализа проб почвы обобщены в табл. 44. Примеры типичных глубинных профилей почвы показаны на рис. 46 и 47.

В большинстве проб почвы, отобранных в районах, где не ведется антропогенная деятельность (сельское хозяйство, садоводство), максимальное загрязнение цезием было обнаружено в верхнем слое почвы (0–2,5 см). Однако, имеются

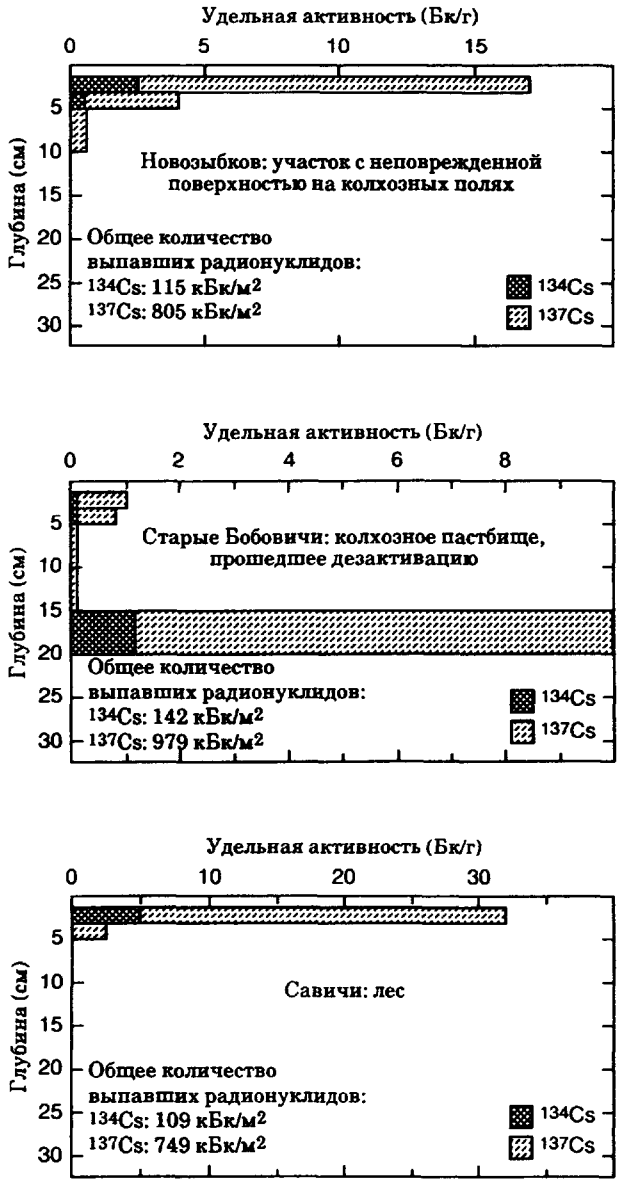


Рис. 46. Распределение цезия-137 и цезия-134 по глубине в пробах почвы, отобранных на участках, используемых в сельском и лесном хозяйстве. [Источник: К. Бучтела]

случаи проникновения значительного количества цезия в более глубокие слои почвы. Значения концентрации имеют разброс от 1,6 Бк/г (Овруч) до 29 Бк/г (Старые Бобовичи) и коррелируют со значениями первоначального выпадения в местах отбора проб, которые составляют примерно $\leq$ 150 кБк/м^2 в Овруче и более 1500 кБк/м^2 в Старых Бобовичах.

Подобные явления наблюдались в пробах почвы, отобранных в общественных местах, а также на пастбищах, лугах и в лесах, где наибольшее количество цезия-137 обычно находится в верхнем слое почвы толщиной 5 см. Разброс полученных значений аналогичен разбросу значений для районов с ненарушенной почвой, причем самые низкие значения получены в общественных местах, а самые высокие — в лесах.

На рис. 46 показан пример результатов дезактивации в сельском хозяйстве и рассматриваются два участка со сравнимым количеством выпавших радионуклидов. На колхозном участке с ненарушенной почвой концентрация цезия была обнаружена в верхнем слое глубиной 5 см, а на глубине более 10 см цезий обнаружен не был (рис. 46(а)). Проведение дезактивации пастбища привело к тому, что теперь максимальная концентрация цезия наблюдается в более глубоких слоях почвы, в данном случае — на глубине от 15 до 20 см, что сокращает количество цезия, попадающего в корни травы (рис. 46(б)).

Содержание цезия в пробе почвы, отобранной в "горячем пятне" в Святске (содержание цезия-137 12 717 кБк/м^2), существенно выше: максимальная удельная активность составляет 220 Бк/г на глубине от 2,5 до 5 см (табл. 44).

Кроме содержания цезия в почве в исследованных населенных пунктах было отмечено наличие поверхностной активности цезия-137 (табл. 44). Ниже дается сравнение разброса соответствующих официальных советских данных по указанным населенным пунктам (База данных Госкомгидромета СССР (ГГМ), см.[20]) с разбросом данных, полученных международными экспертами (МЭ).

— *Брагинский район (Брагин, Микуличи, Гдень, Комарин, Маложин):*
советские данные (ГГМ): 74–999 кБк/м^2;
данные МЭ: 15–2915 кБк/м^2.
— *Новозыбковский район (Новозыбков, Старые Бобовичи, Новые Бобовичи, Святск):*
советские данные (ГГМ): 600–1763 кБк/м^2;
данные МЭ: 52–3398 кБк/м^2 (исключая "горячие пятна").

Разброс данных, полученных международными экспертами, в достаточной степени включает разброс советских данных, если принять во внимание неизбежную разницу между двумя группами данных, возникающую вследствие того, что советские данные представляют собой средние значения, полученные в результате нескольких лет тщательных исследований, а данные международных экспертов представляют собой несколько единичных значений, полученных при анализе проб, отобранных скребком. Однако, верхний предел разброса величин подтверждает, что в соответствии с официальной советской методикой при расчете значений не

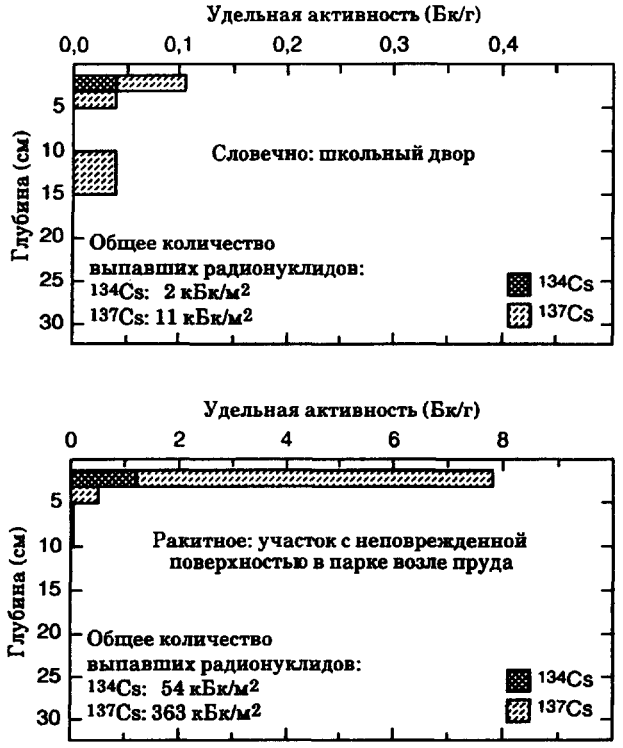


Рис. 47. Распределение цезия-137 и цезия-134 по глубине в пробах почвы, отобранных в общественных местах. [Источник: К. Бучтела]

учитываются "горячие пятна", т. е., возможно имеются районы, где поверхностная активность превышает официальные максимальные значения, в частности, Словечно и Корцевка.

Результаты анализа концентрации цезия-137 в пробах травы и лежащего под ней слоя дерна (толщина 0–3 см) приводятся в табл.45 и 46. Значения концентрации цезия-137 в пробах травы по одному району могут иметь большой разброс, например, в Брагине значения, полученные в разных точках, отличаются в восемь раз, что отражает неоднородность выпадения радиоактивности даже в пределах небольших районов. Так же сильно отличаются значения концентрации цезия-137 в разных районах, где значения колеблются от 270 Бк/кг (сухой вес) в Маложине до 21 890 Бк/кг (сухой вес) в Старых Бобовичах.

В пробах дерна концентрация цезия-137 обычно выше, чем в соответствующих пробах травы, иногда она достигала 30 000 Бк/кг сухого веса.

В Новых Бобовичах в лесу была отобрана проба мха, так как известно, что мхи накапливают радионуклиды. Помимо обнаруживаемых количеств церия-144, европия-154, сурьмы-125 и рутения-106 (содержание каждого составляло 2140 Бк/кг сухого веса), была зарегистрирована повышенная концентрация цезия (значения даются в Бк/кг сухого веса) (цезий-134: 107 400; цезий-137: 697 200).

3.8.2. Стронций и плутоний в почве и растительности

В Брагине был также проведен анализ проб травы на содержание стронция-90 и проб почвы/дерна из районов с ненарушенной почвой на содержание плутония-239/240 (табл. 47). Результаты показали, что характер распределения этих радионуклидов аналогичен характеру распределения цезия-137, а именно, наблюдается значительный разброс уровней стронция-90 и в отдельно взятом районе (Брагин от 141 до 1867 Бк/кг сухого веса), и между разными районами (Далета 234 Бк/кг сухого веса; Полесское до 1289 Бк/кг сухого веса) в зависимости от количества первоначально выпавших осадков. Имеются результаты анализа на плутоний-239/240 проб почвы/дерна и почвы из районов с ненарушенной почвой в Брагине (табл. 47). Как и в случае с радионуклидами цезия, в данной окружающей среде плутоний-239/240, в основном, был обнаружен в верхнем слое почвы/дерна (толщина 0–5 см) и лишь в значительно меньшей концентрации в слое на глубине от 5 до 10 см (0,5 Бк/кг сухого веса) (рис. 48).

Был сделан анализ отдельных проб почвы из Брагина, Далеты и Полесского для определения поверхностной активности плутония и стронция в верхнем слое почвы (0–1 см) и распределения радионуклидов в почве по глубине. Результаты по плутонию-238, плутонию-239/240 и стронцию-90 приведены в табл. 48 и на рис. 48. В пробах из Брагина поверхностная активность колеблется от 36 до 740 Бк/м^2 для плутония и от 5400 до 38 600 Бк/м^2 для стронция-90, причем самые высокие значения получены для районов с ненарушенной почвой. Рассчитать отношение стронций-90/цезий-137 не представлялось возможным в связи с тем, что международные эксперты собрали недостаточное количество данных по стронцию-90. Аналогичные трудности возникли при расчете отношения плутоний/церий.

На рис. 48 приводится характерный пример распределения изотопов плутония в почве по глубине. Как и изотопы цезия, практически все радионуклиды в ненарушенной почве содержатся в верхнем слое толщиной 5 см, причем максимум явно приходится на верхний слой толщиной 1 см, как и в случае с изотопами цезия.

На картах, приложенных к Общему обзору по данному Проекту, приводятся официальные значения поверхностной активности радионуклидов

Таблица 50

Концентрация цезия-134 и цезия-137 в общих пищевых пробах. [*Источник: М. Макаревич и Р. Шеленц*]

Населенный пункт	Концентрация нуклида (Бк/кг, сухой вес)	
	Cs-134	Cs-137
Брагинский район		
Брагин	11	70
Гдень	ПО-52	8-420
Микуличи	ПО-11	29-60
Новозыбковский район		
Карховка	11-130	<53-540
Маложин	По-8	16-63
Новозыбков	ПО-45	31-290
Старые Бобовичи	По-78	14-1160
Старый Вышков	ПО-540	54-3930
Святск	ПО-15	37-101
Овручский район		
Далета	190-870	1350-6370
Ракитное	14-510	100-3600

ПО: предел обнаружения.

Примечание: ПО для цезия-134 ≤7 Бк/кг, сухой вес; ПО для цезия-137 ≤19 Бк/кг, сухой вес.

в Брагине, которые, как было сообщено, были получены путем прямого измерения (стронций-90: 37 000-74 000 Бк/м^2; плутоний-239/240: <3700 Бк/м^2). Осуществленная международными экспертами программа отбора проб почвы показывает, что по плутонию полученные результаты в общем согласуются с официальными советскими данными, но существует вероятность, что официальные советские данные по фактическим значениям поверхностной активности стронция-90 завышены. Однако, следует подчеркнуть, что сравнение концентрации плутония в пробах почвы не вполне достоверно, так как использовались разные методы отбора проб.

3.9. Программа отбора проб воздуха

Радиоактивные осадки, выпавшие на поверхность почвы, могут повторно переноситься под воздействием метеорологических явлений (например, ветером) и в результате антропогенной деятельности (например, вспашки, движения транспорта). Повторный перенос радиоактивных частиц способствует увеличению дозы, поступающей через органы дыхания людей, проживающих и работающих в данном районе, а также может вызвать загрязнение почвы в районах выпадения радионуклидов. Для определения количества повторно переносимых частиц в отдельных населенных пунктах была осуществлена программа отбора проб воздуха, главным образом в тех пунктах, где проводилось также исследование других радиологических компонентов.

В 11 населенных пунктах Брагинского и Овручского районов были отобраны пробы воздуха, для чего использовались воздушные пробоотборники (объем пробы 5-30 м^3) и ацетилцеллюлозные фильтры (размер пор 1,2 мкм). В основном пробы отбирались вне помещений, а именно: в общественных местах, на детских площадках и в сельскохозяйственных районах, где повторное взвешивание казалось наиболее вероятным. Кроме того, было сделано несколько измерений внутри помещений. Однако, если принять во внимание большое количество выпавших во время проведения исследований атмосферных осадков и обилие сезонной растительности, то представительность отобранных проб воздуха является недостаточной. Условия проведения исследования были бы более благоприятными, если бы стояла сухая погода и было меньше растительности. Был проведен гамма-спектрометрический анализ использованных фильтров на наличие гамма-источников, а также анализ на наличие альфа-источников при помощи методов радиохимического разделения и альфа-спектрометрии.

Результаты приведены в табл. 49. Международным экспертам не было предоставлено аналогичного набора советских данных. В целом, на момент проведения данного исследования содер-

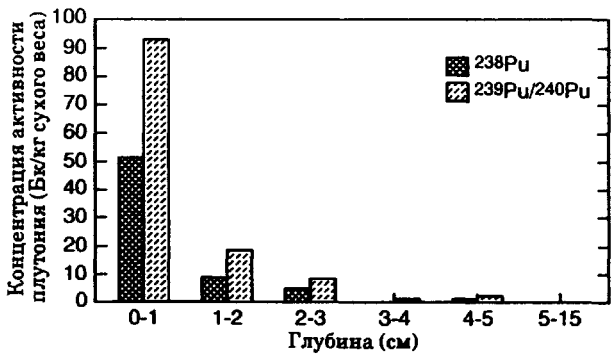


Рис. 48. Распределение полутония-238, полутония-239 и плутония-240 по глубине в ненарушенной почве (Брагин). [Источник: Дж. Ла Роса и П. Зомбори]

Таблица 51

Концентрация цезия-137 в пробах лесных ягод и грибов. [*Источник: М. Макаревич*]

Проба и место ее отбора	Концентрация Cs-137 (Бк/кг)
Черника	
Брагин[а]	740
Новозыбков[а]	1 240
Грибы	
Брагин[а]	1 320
Савичи[б]	131 000
Далета[б]	20 800

[а] Мокрый вес.
[б] Сухой вес.

жание радионуклидов внутри помещений и вне помещений было низким: концентрация цезия — менее 0,3 Бк/м^3 (равно пределу обнаружения при использовании метода гамма-спектрометрии), альфа-источники — от 0,07 до 0,51 мБк/м^3.

3.10. Программа отбора проб пищевых продуктов

Программа отбора проб пищевых продуктов была осуществлена международными экспертами в рамках общего исследования потребления продуктов питания (подробное описание см. в разделе 1 Части Е). Это исследование, в свою очередь, является частью работы по оценке воздействия радиации на здоровье человека и изучению общей картины состояния здоровья населения загрязненных районов (Часть Е).

В 11 выбранных населенных пунктах были взяты пробы наиболее характерных пищевых продуктов для определения количества содержащихся в них радионуклидов. Все образцы были смешаны и гомогенизированы. Аликвотные пробы были герметично упакованы и заморожены для последующего анализа. Концентрация радионуклидов (цезий-134, цезий-137) была определена при помощи гамма-спектрометрии.

Результаты анализа проб всех пищевых продуктов, входящих в рацион питания (общие пищевые пробы), приведены в табл. 50 и показывают, что величины содержания цезия существенно отличаются как в пределах одного района, так и по районам. Например, в Новозыбковском районе величины концентрации цезия-137 в общих пищевых пробах колеблются от малых количеств в Маложине (максимальная концентрация 63 Бк/кг сухого веса) до больших в Старом Вышкове (максимальная концентрация 3930 Бк/кг сухого веса).

Разница в концентрации цезия в общих пищевых пробах вызвана не только разницей в уровне первоначально выпавших радионуклидов, но и местными радиоэкологическими условиями. Например, общие пищевые пробы, отобранные в Далете, в которой наблюдается высокий коэффициент переноса активности из почвы в растения, но относительно низкий уровень радиоактивного загрязнения окружающей среды (мощность эквивалентной дозы вне помещений $< 0{,}5$ мкЗв/ч), имели самую высокую зарегистрированную в ходе данного исследования концентрацию цезия ($\leq$ 6370 Бк/кг сухого веса). Это подтвердили результаты измерений на установке СИЧ, проведенных международными экспертами (подробное описание см. в разделе 2 Части Д).

Официальные советские данные по содержанию цезия в общих пищевых пробах не были предоставлены. Однако, в 1990 году в большом количестве различных пищевых продуктов было измерено содержание цезия, и полученные результаты хранятся в базе данных Госкомгидромета СССР (ГГМ) (см. [20]), подробное описание

Таблица 52

Концентрация цезия-137 в выборочных пищевых пробах. [*Источник: М. Макаревич*]

Проба и место ее отбора	Концентрация Cs-137 (Бк/кг, мокрого веса)
Брагинский район	
Овощи	<25
Фрукты	<9
Чеснок	27
Масло	14
Рыба	170
Новозыбковский район	
Овощи	<14
Фрукты	≤12
Кукуруза	23
Хлеб	<6
Овручский район	
Овощи	<1 до 102
Кукуруза	180
Мясо	6
Рыба	340
Молоко	<4 до 2070

см. в Приложении 2 к Части Д. Хотя данные по пищевым продуктам, полученные советскими специалистами, и данные, полученные международными экспертами, несравнимы (пробы выборочных пищевых продуктов в одном случае, общие пищевые пробы в другом, разное время года), величины содержания цезия , полученные международными экспертами, в целом ниже, чем соответствующие данные, имеющиеся в ГГМ:

— *в Брагинском районе:*
ГГМ: 222–1110 Бк/кг мокр. веса
Результаты, полученные международными экспертами: от <5 до 91 Бк/кг мокр. веса
— *в Новозыбковском районе:*
ГГМ: 74–5550 Бк/кг мокр. веса
Результаты, полученные международными экспертами: от <3 до 717 Бк/кг мокр.веса.

Разброс данных по содержанию цезия (цезий-134 + цезий-137) в общих пищевых пробах, отобранных в Овручском районе (15–914 Бк/кг мокрого веса) того же порядка, что и в Новозыбковском районе. Советские данные по пищевым пробам для проведения сравнения предоставлены не были.

Кроме того, в Брагинском, Новозыбковском и Овручском районах было выборочно отобрано несколько проб лесных ягод и грибов, а также других пищевых продуктов (овощи, фрукты, масло, хлеб и рыба из государственного и частного сектора) (табл. 51 и 52). Как и следовало ожидать, концентрация цезия-137 в пробах лесных ягод и грибов была значительно выше (например, грибы ≤ 131 000 Бк/кг сухого веса), в то время как в других пищевых пробах концентрация этого нуклида была значительно ниже (≤ 349 Бк/кг сухого веса) и соответствовала значениям, полученным для общих пищевых проб.

4. Обсуждение результатов деятельности по подтверждению советских данных о загрязнении окружающей среды

4.1. Результаты анализа баз данных, методов отбора проб, аналитических методов, контрольно-измерительных приборов и методов составления карт

Результаты обзора, проведенного группой международных экспертов (см. раздел 2), позволяют сделать вывод о наличии в СССР хорошо развитой инфраструктуры, необходимой для отбора проб и анализа радиоактивности пищевых продуктов и материалов окружающей среды. Работы в трех республиках и на союзном уровне, как правило, выполнялись квалифицированным и компетентным персоналом. Однако, группы экспертов столкнулись с рядом проблем. В некоторых случаях отсутствие информации усложняло проведение удовлетворительной оценки обстановки.

Сильно отличалось отношение посещенных экспертами в рамках этой задачи институтов к участию в настоящем Проекте. Некоторые институты охотно предоставляли копии своих руководств и методик лабораторных исследований, другие институты делали это неохотно, а третьи полностью отказывались их предоставить.

Не удалось провести анализ программ обеспечения качества отдельных лабораторий, т. к. не была предоставлена документация по этим программам. В частности, в силу ограниченного характера предоставленной информации не ясна роль НПО "Тайфун" (Обнинск) во всесоюзной программе обеспечения качества. Все это в совокупности с недостаточной информацией об источниках предоставленных данных делает невозможным проведение количественной оценки неопределенности, связанной с официально опубликованными в СССР данными по радиоактивному загрязнению окружающей среды и продуктов питания.

4.1.1. Базы данных

Хорошо организован сбор официальных данных по радиационной обстановке, а также официальной информации о состоянии окружающей среды, не связанной с радиационной обстановкой; эти данные хранятся в центральной базе данных в Москве и различных республиканских базах данных. Все данные очень часто обновляются. Не хватает, однако, подробной информации о качественных критериях использования данных в качестве исходных. Более того, не ясен

масштаб обмена данными между этими базами данных. Не было предоставлено никакой количественной информации о соответствующем вкладе каждой посещенной лаборатории в различные базы данных, используемые для оценки загрязнения окружающей среды. Совершенно очевидно, что в их число входят как небольшие лаборатории, занимающиеся регулярной проверкой соблюдения стандартов по ряду выбранных продуктов в пределах ограниченного географического района, так и научно-исследовательские организации, способные внести крупный вклад в эти базы данных. Показателем значения каждого института может являться его участие в мероприятиях по проведению взаимных сравнений результатов измерений, организованных МАГАТЭ (более подробную информацию см. в разделе 2.5), т. к. МКК обратился с просьбой, чтобы участниками этих мероприятий были институты, вносящие основной вклад в общий сбор данных в СССР, используемых для всех последующих оценок. Короче говоря, количественно определить степень неопределенности и полноту наборов данных, накопленных в московской и республиканских базах данных, не представляется возможным.

4.1.2. Программы отбора проб

Преднамеренное исключение "горячих пятен" из официально принятой методологии выбора мест для отбора почвенных образцов ограничивает полезность методов отбора проб и резко контрастирует с тщательно продуманными в остальных отношениях методиками отбора почвенных образцов. Эти методы можно считать адекватными для проведения широкомасштабных усредненных оценок выпадения радионуклидов на поверхность. Однако, представительность результатов менее масштабных измерений в данном районе остается неясной. Это влияет на неопределенность, связанную с контурными линиями выпадений радионуклидов на поверхность (изоплеты), изображенными на картах выпадения радиоактивных осадков. В силу отсутствия адекватной информации сейчас не представляется возможным провести количественную оценку этой неопределенности.

Были реализованы широкомасштабные программы отбора проб поверхностных вод и менее масштабные программы в отношении грунтовых и почвенных вод. Пробы воды в установленном порядке анализируются на содержание цезия-137 и стронция-90; эксперты не получили никаких данных по изотопам плутония. Основными проблемами, связанными с программой отбора проб, является значительная вероятность перекрестного загрязнения в процессе отбора проб воды, а также используемых аналитических методов. В силу неполного отделения конкретного вещества это может стать причиной завышенной оценки фактического уровня загрязнения воды.

Недостаточная информация о методологии и оборудовании, используемых для отбора проб воздуха, исключает возможность проведения надежной оценки.

С точки зрения представительных средних значений по конкретному району программы отбора проб растительности можно считать адекватными.

Программы отбора проб пищевых продуктов сфокусированы на контроле промышленного производства и поставок продуктов питания и, как правило, являются удовлетворительными. Несмотря на широкое потребление продуктов питания домашнего приготовления и дикорастущих ягод, плодов и грибов, собираемых, например, в лесах, тщательно продуманная система контроля пищевых продуктов промышленного производства обычно не охватывает частный сектор. Для оценки методов контроля, разработанных советскими специалистами, необходима более подробная техническая информация.

4.1.3. Аналитические методы и контрольно-измерительные приборы

Гамма-спектрометрическое оборудование и аналитические методы, как правило, отвечали предъявляемым требованиям. В большинстве лабораторий использовались калибровочные эталоны одних и тех же контрольных лабораторий (Радиевый институт им. Хлопина, Ленинград), а спектрометрический анализ в основном проводился с использованием компьютерного программного обеспечения. В силу того, что очень часто используемые калибровочные эталоны представляли собой растворы или смолы, они необязательно являлись представительными образцами различных анализируемых матриц проб. Это может привести к увеличению общей неопределенности аналитических данных.

В некоторых случаях объектом критики стали радиохимические методы и лабораторные методики анализа содержания стронция-90 и плутония. В некоторых лабораториях были выявлены проблемы, связанные с плохим обращением с пробами и возможным перекрестным загрязнением. Кроме того, в некоторых лабораториях при проведении анализа допускалось повторное использование стеклянной лабораторной посуды без соответствующей проверки качества дезакти-

вации и промывки, а высокоактивные пробы не отделялись от низкоактивных. Очень часто данная проблема усугублялась явным отсутствием желания выявлять случаи перекрестного загрязнения. Высказывалось также беспокойство по поводу потенциально неадекватных методик растворения проб почвы, позволяющих в настоящее время проводить анализ только обменных компонентов, что потенциально может привести к занижению оценки общей концентрации радионуклидов.

4.1.4. Методики составления карт

Советский метод составления карт радиоактивного загрязнения окружающей среды основан на комбинированном использовании результатов аэрофотосъемки на различных высотах и отборе проб в населенных пунктах. Этот метод пригоден для проведения достоверной оценки среднего уровня выпадения радионуклидов на землю в конкретном районе. Благодаря информации, полученной в результате реализации программ аэрофотосъемки и отбора проб почвы при составлении официальных карт, вероятно, может быть достигнуто пространственное разрешение порядка нескольких сотен метров. Официальная информация, позволяющая провести количественную оценку неопределенностей, связанных с такими картами, не была предоставлена.

4.2. Результаты взаимного сравнения

Ниже обсуждаются основные результаты проведенного лабораториями анализа проб почвы, порошкового молока и воздушных фильтров на содержание трех наиболее важных радионуклидов (цезий-137, стронций-90 и плутоний-239). Было отмечено, что, исходя из прошлого опыта проведения аналогичных взаимных сравнений, лаборатории, принимающие участие в данном мероприятии, с особым вниманием отнеслись ко всей серии измерений и анализов, чтобы достичь наиболее близкой согласованности полученных результатов с рекомендованными значениями. Поэтому, величина отклонений от рекомендованного значения, которое наблюдались во время проведения мероприятия по взаимному сравнению, обычно представляет собой минимальное значение потенциального отклонения результата, полученного в ходе обычных измерений. Причина более высокой степени неопределенностей, связанных с проведением повседневных измерений, как правило, заключается в необходимости обработки большего, чем обычно, числа проб, что приводит к сокращению времени измерения и числа проверок аналитических методов.

При проведении этой оценки эксперты исходили из предположения, которое основывалось на личных контактах [14], что принявшие участие в данном мероприятии лаборатории предоставили основную часть данных, находящихся в соответствующих базах данных и используемых советскими компетентными органами. Относительный вклад каждого из участников данного взаимного сравнения в различные базы данных не документирован. Лишь около 20% из числа лабораторий, предложенных советскими компетентными органами в качестве потенциальных участников этого мероприятия, представили результаты своих измерений до истечения установленного срока (декабрь 1990).

Результаты измерений концентрации цезия-137 в *почве*, проведенных советскими лабораториями, можно считать достоверными. Что касается величин концентрации плутония-239 и стронция-90 в почве, сообщенных после проведения анализа, то здесь наблюдается общая тенденция в некоторых случаях к существенному завышению фактических значений.

Для величин, находящихся в диапазоне более высокого уровня загрязнения *молока* цезием-137, характерна низкая степень неопределенности, а для более низкого уровня концентраций цезия-137 в пробах молока свойственно значительное завышение фактических значений. То же самое относится к содержанию стронция-90 в порошковом молоке, в частности, в случае более низких концентраций. Эти выводы говорят о том, что очень часто фактическая концентрация радионуклида в молоке может быть ниже величины, полученной в результате проведенного анализа.

Качество аналитических результатов измерения содержания цезия-137 и свинца-210 в фильтрах для отбора проб *воздуха*, проведенного советскими лабораториями, соответствует предъявляемым требованиям. Однако, данные, полученные по содержанию стронция-90, бария-133 и кобальта-60, нельзя рассматривать как удовлетворительные.

Что касается *растительности*, то фактическая концентрация цезия-137 может быть выше официального аналитического результата, в то время как результаты измерения стронция-90, вероятнее всего, носят представительный характер по сравнению с фактическим значением.

Повторные тесты показали, что большинство проб материалов окружающей среды, взятых советскими институтами-участниками, соответствуют критериям *однородности*, являющейся необходимым условием производства эталонных материалов.

4.3. Результаты независимых оценок состояния окружающей среды

При проведении независимых выездных исследований радиационной обстановки в вызывающих беспокойство *населенных пунктах, расположенных в загрязненных районах*, выборочно использовались различные методы: измерения мощности дозы внешнего гамма-излучения, гамма-спектрометрия in situ, программы отбора проб почвы, воды, воздуха и пищевых продуктов, а также биомониторинг. Результаты, полученные с помощью этих методов, в различной степени подтвердили общую достоверность величин выпадения цезия-137 на поверхность, используемых в советских официальных картах радиоактивных осадков: 1–5 Ки/км^2 (37–185 кБк/м^2); 5–15 Ки/км^2 (185–555 кБк/м^2); 15–40 Ки/км^2 (555–1480 кБк/м^2) и свыше 40 Ки/км^2 (>1480 кБк/м^2). В процессе этих обследований в некоторых населенных пунктах были обнаружены локализованные "горячие пятна", которые в соответствии с официально утвержденными советскими методами не были указаны ни в официальных таблицах, ни на картах радиоактивных осадков. Как нам сообщили, причина использования такого подхода заключается в явно незначительном облучении, получаемом от таких участков с "горячими пятнами", по сравнению с общим облучением жителей в данном районе. Этот подход можно считать адекватным при условии соответствующего обозначения границ участков с "горячими пятнами" в течение длительного времени и информирования местных властей о их наличии.

Что касается подтверждения официальных данных о *выпадении на поверхность стронция-90 и плутония,* было отмечено, что в силу жестких ограничений по времени и имеющимся людским ресурсам при подготовке доклада удалось проанализировать лишь несколько скребковых проб. Однако, принимая во внимание эти ограничения, в результате анализа содержания плутония в независимо отобранных пробах почвы были получены данные, которые в целом подтвердили официальные советские результаты. Независимые данные о концентрации стронция-90 свидетельствуют о потенциальном завышении оценки фактической радиационной обстановки в советских данных.

Степень радиоактивного загрязнения окружающей среды цезием-137 на обследованных участках *вне помещений* колебалась от пределов уровней, сравнимых с уровнями выпадения радионуклидов, например, в альпийских районах Австрии (до 46 кБк/м^2), до почти в 60 раз более высоких уровней.

Внутри помещений облучение главным образом обусловлено основными компонентами естественного радиационного фона (ЕРФ) среды обитания, т. е. внешним гамма-излучением конструкционного материала и атмосферным радоном. В вышеупомянутых населенных пунктах эти компоненты ЕРФ были того же порядка, что и во многих других странах (в мире средняя концентрация радона внутри помещений равна 55 Бк/м^3, а средняя мощность поглощенной дозы облучения — примерно 70 нГр/ч) [21]. Во время проведения этих обследований нельзя было учесть фактор переноса жителями загрязнения внутрь помещений.

Анализ проб *почвы и растительности* еще раз подчеркнул уже упоминавшуюся проблему неоднородности характера выпадений радиоактивных осадков в пострадавших районах. Миграция цезия-137, стронция-90 и плутония в пробах почвы отражает конкретное поведение нуклида в зависимости от типа почвы, а также его возможного изменения в результате деятельности человека. Ограниченное число проб не позволяет сделать подробные выводы. Однако, можно представить общую картину, например, для районов с ненарушенной почвой (луга и леса), где максимальная концентрация цезия-137 и плутония отмечалась в верхнем почвенном слое, а значительно более низкие концентрации — в ниже расположенных слоях.

Можно было провести независимую проверку наличия "*горячих пятен*" в окружающей среде загрязненных районов. Однако, имевшиеся ограниченные людские ресурсы и время не позволили экспертам провести глубокий анализ этой составляющей, например, различных режимов поведения ранее обнаруженных различных почв типов "горячих пятен".

Результаты аналитического анализа проб *воды,* взятых из колодцев, озер и рек, показали, что они, как правило, не были загрязнены каким-либо из пяти анализировавшихся радионуклидов. Однако, учитывая значительно повышенные в некоторых случаях уровни содержания цезия-137 в пробах отложений, необходимо проведение дальнейшего контроля за долговременным влиянием процессов смыва радионуклидов (дождь и таяние снега) на водную среду (например, повышенное поступление нуклидов в ткани рыб). Об этом свидетельствует концентрация цезия-137 в некоторых пробах рыб, анализировавшихся в рамках этого Проекта (см. табл. 52), которая была несколько повышенной по сравнению с большинством остальных пищевых продуктов.

Результаты анализа проб *воздуха* в загрязненных населенных пунктах и их окрестностях показывают, что во время проведения исследования

могли быть обнаружены источники цезия-137 и альфа-излучатели. Величины концентрации были низкими для обеих категорий нуклидов (до 3,2 Бк/м^3 для цезия-137 и до 0,51 мБк/м^3 для альфа-излучателей). Однако, учитывая конкретные граничные условия отбора проб воздуха (частые ливни или сезонное появление растительного покрова почвы), эти данные необязательно являются представительными для определения средних по большому интервалу. В затяжные периоды сухой и ветряной погоды определенные группы населения (сельскохозяйственные рабочие, занимающиеся выращиванием культур и сбором урожая) могли подвергаться облучению при более высоких уровнях содержания нуклидов в атмосфере, т. к. на основании полученных данных нельзя исключить возможность повторного переноса.

Величины концентрации радиоцезия (цезий-134 + цезий-137) в пробах *пищевых продуктов*, отобранных в пострадавших районах, часто оказывались ниже 700 Бк/кг сухого веса, т. е. концентрация в готовом к употреблению продукте может быть значительно ниже. Для сравнения сообщим, что эти уровни содержания нуклидов ниже производных уровней вмешательства Комиссии Европейских Сообществ для различных продуктов питания (до 740 Бк/кг мокрого веса; подробная информация содержится в Части Ж). Исключением являются съедобные дикорастущие ягоды, плоды и грибы, собираемые, например, в лесах, а также пищевые продукты, производимые в районах с высокими коэффициентами переноса нуклидов из почвы в растения. В таких продуктах питания могут наблюдаться значительно повышенные уровни концентрации нуклидов (например, концентрация цезия-137 в грибах в районе населенного пункта Савичи достигала 131 кБк/кг сухого веса, а в молоке в районе населенного пункта Овруч — 2070 Бк/кг мокрого веса).

Кроме того, проводились независимые оценки радиационной обстановки в *контрольных населенных пунктах*. Эти населенные пункты расположены в районах, где уровни выпадения цезия-137 на поверхность по официальным оценкам составляли менее 37 кБк/м^2. Такая классификация была подтверждена результатами независимых обследований, включавших в себя измерения мощности дозы внешнего гамма-излучения, гамма-спектрометрию in situ и отбор проб почвы. В целом, значительных радиологических последствий аварии на ЧАЭС в виде повышенных уровней мощности дозы гамма-излучения внутри и вне помещений обнаружено не было. В основном не пострадали и имевшиеся запасы продуктов питания.

Литература

[1] Long-Term Radiological Impact of the Chernobyl Accident on the USSR, Report submitted to the United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR), Moscow (1987).

[2] Environmental Contamination Following a Major Nuclear Accident (Proc. Symp. Vienna, 1989), IAEA, Vienna (1990).

[3] BEGICHEV, S.N., et al., "Radioactive releases due to the Chernobyl accident", paper presented at the ICHMT Int. Sem. on Fission Product Transport Processes in Reactor Accidents, Dubrovnik, 1989.

[4] IL'IN, L.A., et al., Radiocontamination patterns and possible health consequences of the accident at the Chernobyl nuclear power station, Radiol. Prot. **10** (1990) 13–29.

[5] BELEZKY, Y.A., BUKA, N.N., CHERBANIUK, B.S., CHEBURNOY, N.D., Structure of an Integrated Database for the Zone Affected by the Chernobyl Power Plant, Rep. UDK-681/322/067.

[6] BORZILOV, V.A., 'Typhoon' Scientific Production Association, USSR State Committee for Hydrometeorology, Institute of Experimental Meteorology, Obninsk, personal communication, 1991.

[7] Instructions for Soil Sampling Procedures in Contaminated Areas, USSR State Committee on Hydrometeorology (Goskomgidromet), Moscow (1987).

[8] Instructions and Methodological Advice on the Assessment of the Radiological Situation in a Contaminated Area, USSR State Committee on Hydrometeorology, (Goskomgidromet), Moscow (1989).

[9] Express Method for Measuring Mean Radiation Energy and Specific Activity of an Unknown Mixture of Beta-Emitting Radionuclides, Report, All-Union Scientific Research Institute of Agricultural Radiology, Obninsk (1990).

[10] Technique for Measuring Gamma-Emitting Radionuclide Activities in Soil and Biological Samples Using a Semiconductor Gamma Spectrometer, Report, All-Union Scientific Research Institute of Agricultural Radiology, Obninsk (1990).

[11] Technique for ^{238}Pu, ^{239}Pu Radionuclide Detection in Samples of Soil, Plants and Milk Contaminated after the Chernobyl Nuclear Power Station Accident, All-Union Scientific Research Institute of Agricultural Radiology, Obninsk (1990).

[12] SHEPARD, J., in Proc. 23rd Natl AMS Conf., 1968, pp. 517–523.

[13] FRANKE, T., NIELSON, G., Int. J. Num. Methods Eng. **15** (1980) 1961–1704.

[14] BUSSURIN, Y., USSR Ministry of Nuclear Power and Industry, International Relations Department, Moscow, personal communication, 1991.

[15] ENVIRONMENTAL MEASUREMENTS LABORATORY, Procedures Manual, Rep. EML-540, United States Department of Energy, New York, NY (1991).

[16] KOTRAPPA, P., DEMSEY, J.C., RAMSEY, R.W., STEIFE, L.R., A practical E- PERM^{TM} (electret passive environmental radon monitor) system for indoor ^{222}Rn measurement, Health Phys. **58** (1990) 461–467.

[17] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Measurement of Radionuclides in Food and the Environment, Technical Reports Series No. 295, IAEA, Vienna (1989).

[18] ZHU, S., et al., Interference of ^{91}Y with the rapid determination of ^{90}Sr originating from the Chernobyl fallout debris, Radiochim. Acta (in press).

[19] LAROSA, J., et al., "Analysis of plutonium in some natural matrix materials", Environmental Contamination Following a Major Nuclear Accident, (Proc. Symp. Vienna, 1989), Vol. 2, IAEA, Vienna (1990) 457.

[20] Data on Radiation Contamination in Settlements of (a) the Ukrainian SSR, (b) the Byelorussian SSR, (c) the Russian SFSR by Caesium-137 and Strontium-90, USSR State Committee on Hydrometeorology (Goskomgidromet), Moscow (1989).

[21] UNITED NATIONS, Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation (Report to the General Assembly), Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR), UN, New York (1988).

Приложение 1

Наиболее распространенные методы отбора проб при оценке выпадения радионуклидов в СССР в результате аварии на Чернобыльской АЭС

1-1. Методы отбора проб почвы в незагрязненных районах

1-1.1. Метод отбора "дисковых проб"

Операция 1

Перед отбором проб производится анализ выбранного участка на присутствие "горячих" частиц; для этого проводятся два независимых измерения мощности гамма-излучения при помощи "неэкранированного" измерителя мощности дозы:

гамма$_1$ — измерение на высоте 2-5 см над уровнем почвы;
гамма$_2$ — измерение на высоте 100 см над уровнем почвы.

Если соотношение результатов измерений гамма$_1$: гамма$_2$ не превышает 1,5, участок признается "пригодным" для последующего отбора проб.

Операция 2

(а) В зоне, характеризующейся максимальным уровнем мощности дозы гамма-излучения, выбираются один-два участка, при этом мощность дозы гамма-излучения всех выбранных для отбора проб участков должна быть ниже 25-100 μР/ч[1].
(б) Следуя другой методике ("метод конверта"), в пределах участка, имеющего форму конверта, выбираются пять точек отбора проб, представляющих "наиболее характерные величины мощности доз гамма-излучения" (статистические критерии выбора таких точек не были определены) с учетом типа почвы в этих точках (верхний слой-дерн, ровный рельеф, не менее 20 м от дороги).
(в) В случае, если мощность дозы гамма-излучения превышает "наиболее характерные величины мощности дозы гамма-излучения" на 200% и более, шестая проба берется в точке с максимальной величиной мощности дозы гамма-излучения.
(г) Точки с "низкими величинами мощности дозы гамма-излучения" (статистические критерии выбора таких точек не были определены) по сравнению с усредненными величинами мощности дозы для данного участка считаются "непригодными" для последующего отбора проб.

Операция 3

Дисковые образцы почвы отбираются при помощи стальных колец. На первом этапе после аварии при помощи пробоотборных колец брались пробы диаметром 14 см и толщиной 5 см.

Впоследствии стальные пробоотборные кольца были модифицированы, что позволило брать пробы на глубине до 10 см. На песчаных почвах пробы отбирались на глубине до 15 см, чтобы подсчитать миграцию нуклидов.

1-1.2. Метод отбора прямоугольных проб ("проба-кирпич")

Операция 1

При помощи экранированного измерителя мощности дозы производятся измерения на площади размером 100 м × 100 м с разбивкой его на участки 5 м × 10 м или 10 м × 10 м. При помощи прибора производится регистрация мощности дозы гамма-излучения на участках площадью 10 см × 20 см и на высоте 30 см над уровнем почвы.

Операция 2

Определение усредненного значения.

Операция 3

Производится отбор пяти представительных "проб-кирпичей" размером 10 см × 20 см × 6 см (ширина × длина × толщина).

[1] 1 рентген (Р) = 2,58 × 10^{-4} Кл/кг.

1-2. Метод отбора проб почв на обрабатываемых площадях (сельскохозяйственные угодья)

1-2.1. Критерии отбора проб

Пробы отбираются с участков, классифицированных как "участки серьезного загрязнения" (термин не был определен); пробы являются представительными для основных типов почв и топографических особенностей местности.

1-2.2. Количество проб смешанных почв

Максимальное количество отбираемых проб является функцией площади загрязненной поверхности (например, один образец на участок в районах с уровнями загрязнения менее 1 Ки/км^2 (37 кБк/м^2); одна проба на хозяйство в районах с уровнями загрязнения между 7 и 15 Ки/км^2 (259-555 кБк/м^2)).

Операция 1. Подготовка проб смешанной почвы

Каждая проба смешанной почвы состоит не менее чем из 10 "равномерно распределенных" отдельных проб (термин не был объяснен) из всего района, где проводится исследование. При необходимости пробы отбирались на глубине обрабатываемого горизонта (например, на глубине вспашки 18-22 см). После смешивания насыпного материала, представляющего отдельные пробы, получали одну смешанную пробу (масса 2 кг).

Операция 2. Отбор проб с "однотипных" участков

В хозяйствах производилась добавка проб с "однотипных участков", т. е. проб почвы с участков, где выращивается одна сельскохозяйственная культура.

1-3. Пробы растительности

Принцип отбора проб растительности: для отбора проб травы, злаков и соевых бобов использовался "метод конверта" (см. разделы 1-1 и 1-2 данного Приложения).

Площадь отбора проб:	1 м^2.
Количество проб:	5 на м^2.
Метод отбора проб:	растительность срезается на высоте не менее 3 см над уровнем почвы с целью получения смешанной пробы (минимальный вес 1 кг мокрого веса).

1-4. Молоко

Для измерения содержания цезия в молоке цистерна каждого молоковоза проверялась при помощи NaI-детектора в форме щупа, подключенного к измерителю мощности дозы. При объеме 3 м^3 погрешность измерения колеблется в пределах от 30% до 50%. Предел обнаружения содержания цезия-137 при использовании этого метода составляет 37 Бк/л. Кроме того, пробы свежего молока отбираются на молокозаводах для последующего лабораторного анализа.

1-5. Мясо

Животные, отобранные для бойни, проходят в колхозах контроль на содержание радиоактивности в организме; для этого используется NaI-детектор в форме щупа, подключенный к измерителю мощности дозы. Если уровни содержания цезия выше допустимых значений, животных перед убоем кормят незагрязненным кормом.

Второе измерение производится в цехе разделки туш мясокомбинатов. Каждая часть туши проверяется при помощи NaI-детектора, подключенного к калиброванному измерителю мощности дозы. Каждая часть туши, уровень содержания цезия в которой находится в допустимых пределах, маркируется контролером отдельно.

Кроме того, на мясокомбинатах имеются лаборатории, производящие контроль обработанного мяса по мере его выпуска. В этих лабораториях используется NaI-детектор, подключенный к одноканальному анализатору. Измеряется суммарное содержание цезия-137 и цезия-134, результаты измерения регистрируются.

Затем государственная санитарно-эпидемиологическая станция производит выборочный контроль готовой продукции.

Приложение 2

Организации, которые посетили международные эксперты для оценки методов отбора проб, аналитических методов и измерительных средств, применяемых в обычной лабораторной работе, а также методики составления карт

Всесоюзный научно-исследовательский институт сельско-хозяйственной радиологии Госкомиссии СМ СССР по продовольствию и закупкам,
г. Обнинск, РСФСР

Научно-производственное объединение "Тайфун", филиал Института экспериментальной метеорологии, Госкомгидромет СССР,
г. Обнинск, РСФСР

Институт ядерных исследований АН УССР,
г. Киев, УССР

Лаборатория радиологии, Институт ядерных исследований АН УССР,
г. Киев, УССР

Украинское отделение Всесоюзного научно-исследовательского института сельскохозяйственной радиологии Госкомиссии СМ СССР по продовольствию и закупкам,
г.Киев, УССР

Специальное бюро вычислительных машин и систем, Институт кибернетики им. Глушкова,
г. Киев, УССР

Белорусское отделение Всесоюзного научно-исследовательского института сельскохозяйственной радиологии, Госкомиссии СМ СССР по продовольствию и закупкам,
г. Гомель, БССР

Лаборатория радиационной гигиены, Филиал Ленинградского Института радиационной гигиены,
г. Новозыбков, РСФСР

Санитарно-эпидемиологическая станция,
г. Новозыбков, РСФСР

Отделение дозиметрии и радиационной гигиены, Всесоюзный центр радиационной медицины АМН СССР,
г. Киев, УССР

Мясокомбинат,
г. Гомель, БССР

Филиал Института морфологии и цитологии животных АН СССР,
г. Чернобыль, УССР

Отделение контроля радиоактивности в окружающей среде Института сельского хозяйства,
г. Киев, УССР

Украинский научно-исследовательский институт гидрометеорологии и контроля окружающей среды,
г. Киев, УССР

Институт геологических наук АН УССР,
г. Киев, УССР

Институт физики и химии минералов АН УССР,
г. Киев, УССР

Институт радиобиологии АН БССР,
г. Минск, БССР

Лаборатория дозиметрии и радиометрии, Институт радиобиологии АН БССР,
г. Минск, БССР

Радиохимическая лаборатория, Отделение Института радиобиологии АН УССР,
г. Киев, УССР

Приложение 3

Обзор оборудования, методов калибровки приборов и контроля за качеством, используемых в большинстве лабораторий, которые посетили международные эксперты

3-1. Институт А, РСФСР

3-1.1. Лаборатория анализа проб почвы и отбора проб воздуха

3-1.1.1. Оборудование

— Германиевые гамма-спектрометры (на сверхчистом германии);
— NaI(Tl) гамма-спектрометры;
— бета-спектрометр;
— бета/гамма-спектрометр.

3-1.1.2. Калибровка приборов и контроль за качеством измерений

Специально приготовленные "средние" стандарты почвы той же геометрии как и пробы (форма и плотность) используются для калибровки измерительных приборов. Эти стандарты поставляются Государственным Комитетом СССР по стандартам, Всесоюзным Институтом физико-технических и радиотехнических измерений Государственного комитета СССР по стандартам.

Калибровка уровней энергии и проверка работоспособности приборов (при проведении измерений на содержание цезия-137) проводятся ежедневно; полная калибровка на эффективность срабатывания при различных уровнях энергии и для всех геометрий проводится ежегодно; специалисты регулярно участвуют в сравнительных интеркалибровочных мероприятиях.

3-1.2. Секция радиохимического анализа, лаборатория измерения концентрации радионуклидов

3-1.2.1. Оборудование

— Пластиковые сцинтилляторы для измерения бета-активности;
— проточные пропорциональные счетчики (4 π);
— система альфа-бета- и гамма-детекторов;
— бета-спектрометр с органическим сцинтиллятором;
— альфа-спектрометр.

3-1.2.2. Калибровка приборов и контроль за качеством измерений

Пики спектра указывают на содержание носителя (стронций) и изотопной метки (плутоний-242). Растворение производится в растворе 6 моль/л HCl; выделение стронция производится путем осаждения. Метод выщелачивания кислотных проб не позволяет добиться полного растворения образца.

Непродуманное обращение с пробами и недостаточный уровень контроля радиоактивного загрязнения в лаборатории увеличивает вероятность бесконтрольного взаимного облучения образцов с малой мощностью излучения и образцов с большой мощностью излучения.

3-1.3. Лаборатория анализа состава воды

3-1.3.1. Оборудование

— Альфа-спектрометр;
— бета-спектрометр с устройством экранирования от совпадений и без него;
— жидкий сцинтилляционный спектрометр;
— германиевый гамма-спектрометр (на сверхчистом германии).

3-1.3.2. Калибровка приборов и контроль за качеством измерений

По нашим сведениям персонал лаборатории успешно участвовал в организованном МАГАТЭ мероприятии по сравнительной проверке приборов на измерение содержания стронция-90 в пробах.

При анализе проб грунтовых вод следует уделять больше внимания проблемам радиоактивного загрязнения, поскольку предполагают, что уровень радиоактивности в грунтовых водах значительно ниже, чем в поверхностной воде и во взвешенных в поверхностной воде частицах грунта.

Одна и та же лабораторная посуда использовалась для обработки проб с высокими и низкими уровнями радиоактивности, что может привести к перекрестному загрязнению анализируемых

проб. Анализ слепых проб на регулярной основе не производится.

Следует обратить особое внимание на необходимость фильтрования проб воды перед определением концентрации активности полностью растворенной фракции.

3-2. Институт Б, РСФСР

3-2.1. Радиометрическая лаборатория

3-2.1.1. Оборудование

— Гамма-спектрометры.

3-2.1.2. Калибровка приборов и контроль за качеством измерений

Калибровка гамма-спектрометров производилась для 6 различных геометрий (122 кэВ–1488 кэВ) при помощи стандартного раствора европия-152.

При калибровке эффективности измерения прибора не делались поправки на эффект суммы пиков.

Регулярных мероприятий по обеспечению качества измерений не производится, данные по обеспечению качества для последующего анализа и корректировки не регистрируются.

NaI(Tl) гамма-спектрометр калибруется с использованием цезиевого стандарта с плотностью 1,0.

Не ведется запись величин поправки на поглощение и регистрация мер по обеспечению качества измерений.

Один и тот же метод используется для анализа содержания стронция и плутония.

Обращает на себя внимание отсутствие контроля за загрязнением, а также низкая организация хранения проб. Однако, вследствие низких уровней активности и в целом хороших условий работы в лаборатории проблема загрязнения является менее серьезной.

3-3. Институт В, УССР

3-3.1. Лаборатория анализа содержания радиоактивных элементов

3-3.1.1. Оборудование

— Германиевые гамма-спектрометры (на сверхчистом германии);
— германиевые гамма-спектрометры Ge(Li);
— альфа-спектрометры;
— экранированные проточные пропорциональные счетчики;
— планарные Si(Li)-и Ge-детекторные системы.

3-3.1.2. Калибровка приборов и контроль за качеством измерений

Было сообщено, что на первом этапе после аварии имелись серьезные проблемы контроля качества проб. По сообщению советских специалистов в настоящее время калибровка приборов производится регулярно и с использованием изготавливаемых в самой лаборатории многорадионуклидных стандартов и стандартов, предоставляемых Радиевым институтом им. В.Г. Хлопина. Кроме того, советские специалисты сообщили, что сотрудники лаборатории участвуют в сравнениях по интеркалибровке. Вследствие того, что измерительные системы были, в основном, разобраны и находились в нерабочем состоянии, эксперты не смогли посмотреть результаты калибровки или ознакомиться с данными интеркалибровочных мероприятий. Гамма-спектрометрический анализ образцов почвы выполняется методом усреднения результатов, полученных для одной пробы после проведения измерений с двух сторон.

Расчеты уровней концентрации плутония и стронция производились на основе выведенных экспериментальным путем коэффициентов корреляции с данными, полученными для цезия-134. Как было сказано, надежность этого метода была проверена советскими учеными.

Информация о методах радиохимического анализа для определения содержания плутония и стронция носила ограниченный характер, поскольку начальник лаборатории не захотел предоставить полную информацию. В качестве изотопной метки использовался плутоний-236, а анализ содержания стронция-90, соответственно, основывался на детектировании β-частиц в выделенном $SrCO_3$. Выход элемента и его чистота измерялись при помощи плазменного эмиссионного спектрометра с индуктивной связью.

На вопрос о возможности перекрестного загрязнения проб невозможно дать определенного ответа, поскольку нет возможности определить, насколько правильно проводится анализ слепых проб. Не удалось ознакомиться и с методами растворения. Поскольку нашим экспертам не удалось получить пробы и результаты анализа для последующей оценки в Зайберсдорфской лаборатории, в полной мере оценить правильность данных по содержанию плутония и стронция не удалось.

3-4. Институт Г, УССР

Специализация: изучение экосистем почва–трава–животное–человек; банк проб "горячих" частиц (1200 проб).

3-4.1. Лаборатория радиометрии и гамма-спектрометрии

3-4.1.1. Оборудование

— Германиевые гамма-спектрометры (на сверхчистом германии);
— Ge(Li) гамма-спектрометры.

3-4.1.2. Калибровка приборов и контроль за качеством измерений

Для периодических калибровочных работ используются стандарты, предоставляемые Радиевым институтом им. В.Г. Хлопина (ежедневная проверка энергетического порога срабатывания, еженедельный контроль работоспособности).

В лаборатории очень чисто, и поддерживается порядок, проблемы загрязнения проб, очевидно, не возникает.

3-4.2. Лаборатория радиационной химии и химии почвы

3-4.2.1. Оборудование

— Альфа-, бета- и гамма-детектор;
— альфа-спектрометр;
— Ge(Li) гамма-спектрометр;
— гамма-сцинтиллятор с автоматическим пробоотборником.

3-4.2.2. Калибровка приборов и контроль за качеством измерений

Калибровка детекторов для определения содержания стронция-90 выполняется для каждой партии проб с использованием соответствующих слепых проб и стандартов. Однако, степень растворения проб может привести к некоторой неопределенности при измерении содержания стронция и плутония.

Работа в лаборатории организована на отличном уровне, в результате чего создана база данных высокого качества, в частности по "горячим" частицам и сельскохозяйственным культурам.

3-5. Институт Д, БССР

3-5.1. Лаборатория метеорологии

3-5.1.1. Оборудование

— Германиевые гамма-спектрометры (на сверхчистом германии).

3-5.1.2. Калибровка приборов и контроль за качеством измерений

Калибровка выполняется на небольшом многонуклидном стандарте (цезий-134, цезий-137, рутений-106). Такой источник недостаточно хорошо имитирует фактическую геометрию пробы, что приводит к занижению концентраций радионуклидов в пробах.

Следует улучшить условия хранения проб, например, выделить для этой цели дополнительную площадь , что позволит избежать стесненных условий хранения и возможности взаимного загрязнения проб.

Использование оборудования низкого качества и устаревших моделей (приблизительно 50% всех приборов) вызывают неуверенность в возможности успешного применения новых прецизионных аналитических методов измерения.

3-5.2. Лаборатория дозиметрии и радиометрии

3-5.2.1. Оборудование

— Гамма-спектрометры;
— альфа-спектрометры.

3-5.2.2. Калибровка приборов и контроль за качеством измерений

В лаборатории имеются стандарты различной геометрии для анализа проб радионуклидов, позволяющие имитировать различные типы проб (пробы воды, пробы с места выброса и пробы в трубках Маринелли). По утверждению руководителей лаборатории ее сотрудники несколько раз в году участвуют во всесоюзных интеркалибровочных сравнениях.

Выделение и обнаружение актинидов и стронция-90 в пробах, отобранных из окружающей среды, выполняется с использованием стандартных методов, аналогичных, например, методам,

используемым в Зайберсдорфской лаборатории МАГАТЭ. Однако, следует отметить отсутствие персонального компьютера для хранения и обработки данных; α-спектрометрическое оборудование арендуется лабораторией и количество приборов недостаточно для работы.

3-6. Институт Е, УССР

3-6.1. Лаборатория изотопов

3-6.1.1. Оборудование

— Альфа-спектрометры;
— бета-спектрометры;
— гамма-спектрометры.

3-6.1.2. Калибровка приборов и контроль за качеством измерений

Все имеющееся оборудование советского производства. Существует настоятельная необходимость обновления всей экспериментальной базы. Следует осуществлять тщательную фильтрацию проб воды, содержащих взвешенные частицы. Для проверки на взаимное загрязнение проб следует регулярно проводить проверки слепых проб.

3-7. Институт Ж, УССР

3-7.1. Лаборатории

3-7.1.1. Оборудование

— Альфа-спектрометры;
— бета-детекторы;
— гамма-детекторы;
— жидкостные сцинтилляционные счетчики.

3-7.1.2. Калибровка приборов и контроль за качеством измерений

Информация о методах калибровки приборов отсутствует, программа контроля за качеством измерений разработана самостоятельно советскими специалистами. Сотрудники института стремятся наладить сотрудничество с МАГАТЭ.

3-8. Институт З, УССР

3-8.1. Оборудование

Оборудование для проведения экспериментов, которое имеется в лаборатории, не соответствует международным стандартам, часть оборудования — это модели старого образца. Исследовательское судно хорошо оборудовано для отбора проб воды и донных отложений.

3-8.2. Калибровка и контроль за качеством измерений

Институт осуществляет сотрудничество с несколькими институтами в Обнинске и Киеве в области проведения анализа, работы со стандартами-эталонами и проведения интеркалибровки. Очевидно, что существует возможность взаимного загрязнения проб. Кроме того, ясно, что слепые пробы для контроля не используются.

Приложение 4

Список советских организаций, в которые в июне 1990 года были направлены пробы для сравнительного анализа

Институт экспериментальной метеорологии Госкомгидромета СССР,
г. Обнинск, РСФСР

Институт ядерных исследований АН УССР,
г. Киев, УССР

Украинское отделение Всесоюзного научно-исследовательского института сельскохозяйственной радиологии Государственной комиссии СМ СССР по продовольствию и закупкам,
г. Киев, УССР

Институт биологии АН БССР,
г. Минск, БССР

Белорусское отделение Всесоюзного научно-исследовательского института сельскохозяйственной радиологии Государственной комиссии СМ СССР по продовольствию и закупкам,
г. Гомель, БССР

Всесоюзный научно-исследовательский институт сельскохозяйственной радиологии Государственной комиссии СМ СССР по продовольствию и закупкам,
г. Обнинск, РСФСР

Всесоюзный научно-исследовательский институт экспериментальной физики МАЭП СССР,
г. Арзамас-16 Горьковской области, РСФСР

Всесоюзный научно-исследовательский институт ядерной геофизики и геохимии,
г. Москва, СССР

Томский политехнический институт,
Геологический факультет,
г. Томск, РСФСР

Объединенный институт ядерных исследований,
Отдел нейтронного и активационного анализа,
г. Дубна, РСФСР

Институт геохимии и аналитической химии им. Вернадского АН СССР,
г. Москва, СССР

Всесоюзный научный центр радиационной медицины АМН СССР, Отдел дозиметрии,
г. Киев, УССР

Институт физики Ленинградского государственного университета, Лаборатория физики атмосферы,
г. Ленинград, РСФСР

Всесоюзный научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии,
г. Москва, СССР

Институт физики АН БССР,
г. Минск, БССР

Ленинградский научно-исследовательский институт радиационной гигиены Министерства здравоохранения РСФСР,
г. Ленинград, РСФСР

Институт ботаники АН БССР,
г. Минск, БССР

Всесоюзный научный центр радиационной медицины АМН СССР,
г. Киев, УССР

Производственное объединение "Комбинат",
г. Чернобыль Киевской обл., УССР

Институт прикладной геофизики Госкомгидромета СССР, Лаборатория по контролю за окружающей средой,
г. Москва, РСФСР

Радиевый институт им. В.Г. Хлопина, МАЭП СССР,
г. Ленинград, РСФСР

Институт геохимии и аналитической химии им. Вернадского, АН СССР,
г. Москва, СССР

Киевский государственный университет,
Кафедра ядерной физики,
г. Киев, УССР

Приложение 5

Список советских организаций, в которые в октябре 1990 года были направлены пробы для сравнительного анализа

Всесоюзный научно-исследовательский институт экспериментальной физики МАЭП СССР, Отдел радиологии,
г. Арзамас-16 Горьковской обл., РСФСР

Брянская агрохимическая лаборатория, Секция радиологии,
г. Брянск, РСФСР

Опытная станция Украинского отделения Всесоюзного научно-исследовательского института сельскохозяйственной радиологии,
пос. Чабани, УССР

Черниговская районная ветеринарная лаборатория,
г. Чернигов, УССР

Черниговская районная ветеринарная лаборатория,
г. Чернигов, УССР

Черниговская районная санитарно-эпидемиологическая станция,
г. Чернигов, УССР

Ровенская областная санитарно-эпидемиологическая станция,
г. Дубровица Ровенской области, УССР

Горьковский центр "Агрохимпроект", Отдел радиологии,
г. Горький, РСФСР

Калужский центр "Агрохимпроект", Отдел радиологии,
г. Калуга, РСФСР

Киевский мясокомбинат,
г. Киев, УССР

Киевский молокозавод, Отдел радиологии,
г. Киев, УССР

Всесоюзный научный центр радиационной медицины АМН СССР,
г. Киев, УССР

Санитарно-эпидемиологическое управление при Минздраве УССР,
г. Киев, УССР

Ветеринарная лаборатория Минздрава УССР, Секция радиологии,
г. Киев, УССР

Киевская областная санитарно-эпидемиологическая станция,
г. Киев, УССР

Завод безалкогольных напитков "Оболонь", Радиологическая лаборатория,
г. Киев, УССР

Киевская кондитерская фабрика, Лаборатория радиометрии,
г. Киев, УССР

Институт личной гигиены Минздрава УССР,
г. Киев, УССР

Киевский технологический пищевой институт, Лаборатория кафедры переработки молока,
г. Киев, УССР

Киевская городская санитарно-эпидемиологическая станция, Отдел радиологии,
г. Киев, УССР

Киевский государственный университет, Факультет ядерной физики,
г. Киев, УССР

Институт ядерной энергетики АН БССР,
г. Минск, БССР

Институт радиобиологии АН БССР,
г. Минск, БССР

Белорусский государственный университет им. В.И. Ленина, Радиационно-химический факультет,
г. Минск, БССР

Всероссийский научно-исследовательский и проектный институт химизации и мелиорации земель,
Московская обл., г. Немчиновка, РСФСР

Брянский центр "Агрохимрадиология",
Новозыбковская лаборатория,
Брянская обл., г. Новозыбков, РСФСР

Санитарно-эпидемиологическая станция,
пос. Овруч Овручского района, УССР

Тульская областная опытная станция химизации сельского хозяйства, Плавское отделение,
г. Плавск, РСФСР

Ровенская проектно-исследовательская сельскохозяйственная станция,
Ровенская область, деревня Шубков, УССР

Ровенская санитарно-эпидемиологическая станция,
г. Ровно, УССР

Тульская областная опытная станция химизации сельского хозяйства,
г. Тула, РСФСР

Киевская районная ветеринарная лаборатория,
г. Вишневый, УССР

Районная санитарно-эпидемиологическая станция,
г. Владимирец, УССР

Житомирская областная опытная станция химизации сельского хозяйства,
г. Житомир, УССР

Житомирская ветеринарная лаборатория,
г. Житомир, УССР

Житомирская районная санитарно-эпидемиологическая станция,
г. Житомир, УССР

Приложение 6

Советские организации, ответственные за подготовку материалов для проведения интеркалибровки

Название организации	Ответственный	Тип пробы
	БССР	
Институт радиобиологии АН БССР (г. Минск)	Конопля Е.Ф., зам. директора	Образцы почвы в ненарушенном состоянии
Белорусское отделение ВНИИСХР (г. Гомель)	Фирсакова С.К., директор	Сельскохозяйственные: почва, трава, молоко
	РСФСР	
Институт экспериментальной метеорологии Госкомгидромета СССР (г. Обнинск)	Борзилов В.А., зам. директора	Образцы почвы в ненарушенном состоянии Экспериментальные
Всесоюзный научно-исследовательский институт сельскохозяйственной радиологии (г. Обнинск)	Алексахин Р.М., директор	Сельскохозяйственные: почва, трава, молоко
	УССР	
Институт ядерных исследований АН УССР (г. Киев)	Вишневский И., директор	Образцы почвы в ненарушенном состоянии
Украинское отделение ВНИИСХР (г.Киев)	Лощилов Н.А., директор	Сельскохозяйственные: почва, трава, молоко

Часть Д
Радиационное облучение населения

Содержание

1. Введение 243

2. Принятая в СССР методология оценки доз 244
   2.1. Внешнее облучение 244
   2.2. Внутреннее облучение 246

3. Обзор советской методологии оценки доз 255
   3.1. Внешняя доза 255
   3.2. Внутренняя доза 255

4. Исходные данные и зарегистрированные дозы облучения для отдельных населенных пунктов в БССР, РСФСР и УССР 261
   4.1. Источники данных 261
   4.2. Проверка расчетов доз, сделанных советскими специалистами 261
   4.3. Данные независимых экспертов 266
   4.4. Коллективные дозы 267

5. Оценка ожидаемой дозы 267
   5.1. Доза внешнего облучения 268
   5.2. Доза внутреннего облучения 271
   5.3. Доза на щитовидную железу от облучения йодом-131 275
   5.4. Общая доза 278

6. Сравнение результатов оценки доз 279
   6.1. Доза внешнего облучения 279
   6.2. Доза внутреннего облучения 280
   6.3. Общая доза 286

Литература 287

Приложение 1. Список институтов, посещенных группой международных экспертов по обзору методологии оценки доз облучения 288

Приложение 2. База данных и сообщенные дозы облучения для некоторых населенных пунктов в СССР 289

Приложение 3. Независимые измерения внешней и внутренней доз облучения в отдельных населенных пунктах 309

Приложение 4. Взаимное сравнение счетчиков излучения человека 321

Приложение 5. Различие коэффициентов переноса из почвы в растения 324

1. Введение

Оценку дозы можно рассматривать как строго объективный метод, который основывается на общепризнанных способах производства расчетов с использованием имеющихся данных об окружающей среде или результатах измерения дозы излучения радионуклидов в теле человека. Оценка дозы может выполняться, исходя из различных предпосылок. Наиболее достоверная оценка дозы может быть сделана путем снижения количества промежуточных операций при расчетах, т. е., если начинать с результатов измерения содержания радионуклидов по всему телу, а не с концентрации их в воздухе или концентрации осажденных радионуклидов. Часто, однако, приходится сталкиваться со случаями, когда непосредственные измерения дают недостаточные данные или их результаты вообще отсутствуют, или не осуществимы с технической точки зрения.

Неизбежно, что базы данных, необходимые для расчета доз, являются неполными. Следовательно, при оценке необходимо делать определенное приближение и приводить косвенные ссылки. Кроме допущений общего характера в методах оценки доз требуется выбор ряда конкретных параметров, характеризующих местные условия, например, время, проведенное населением вне помещений, структура питания, объемы потребления продуктов и т. д. Обычно, эти факторы различаются достаточно значительно, поэтому для получения представительных значений берутся достаточно консервативные величины, что позволяет избежать занижения дозы при оценке. Кроме того, необходимо принимать во внимание ожидаемое поведение радионуклидов в окружающей среде для расчетов доз в будущем. С этой целью общеизвестные данные необходимо адаптировать к специфическим условиям радиоактивного загрязнения. Такая оценка также может выполняться с различной степенью консерватизма.

Следует исходить из того, что будет допущено некоторое завышение дозы; однако, если такие дозы неоправданно высоки или неправдоподобны, то это может привести к неправильным выводам относительно окончательного воздействия радиации на здоровье людей или к неоправданной эвакуации населения из пострадавших районов. По этой причине методы оценки доз должны рассматриваться с большим вниманием и подвергаться постоянной корректировке на основании опыта проведенных измерений. Желательно добиваться максимальной точности при оценке доз, однако одной из главных задач, как правило, является избежание занижения их величин.

Задачей оценки дозы при международной экспертизе радиологических последствий аварии на Чернобыльской АЭС являлось ознакомление с методами, используемыми в БССР, РСФСР, УССР и СССР для расчета индивидуальных и коллективных доз на основе результатов измерения радиоактивного загрязнения окружающей среды. Это осуществлялось путем изучения нормативных методов оценки доз, подробного обсуждения этих методов с советскими специалистами, а также выбора ими ключевых параметров и критериев такого выбора. Для оценки точности доз, сообщенных советской стороной, была составлена база данных по небольшому числу выбранных населенных пунктов (посещенных группами экспертов по проверке достоверности данных или группами медицинских экспертов для составления перспективных оценок) в районах радиоактивного загрязнения; кроме того, были выведены данные по оценке доз, полученных населением, с использованием независимых методов. Члены экспертной группы по оценке доз не принимали в расчет дозы, полученные эвакуированным населением, или ликвидаторами, занятыми на работах по дезактивации после аварии.

С целью получения имеющейся документации по оценке доз и обсуждения ее с советскими специалистами, которые ее разработали или использовали, летом 1990 г. были организованы две поездки (миссии) в СССР. В ходе поездок были посещены девятнадцать научно-исследовательских институтов и министерств в БССР, РСФСР, УССР и на всесоюзном уровне. Кроме того, в целях личного ознакомления с образом жизни людей экспертам была предоставлена возможность посещения небольшого числа населенных пунктов в загрязненных районах. Перечень институтов и населенных пунктов, посещенных группами международных экспертов, приведен в Приложении 1.

Советские ученые в институтах, посещенных в БССР, РСФСР, УССР и СССР, оказывали максимальное содействие при обсуждении своих методов расчетов дозы и полученных результатов. Хотя было представлено много информации, неизбежно остались неясными какие-то вопросы. В частности, потребовался бы ряд дополнительных базовых входных данных для полноценного выполнения некоторых независимых расчетов. Общепризнано, что для производства расчетов не существует абсолютно полных дан-

ных, особенно в сложных и быстро меняющихся условиях на ранних этапах после аварии, когда средства измерения были рассредоточены. К сожалению, в ходе обеих миссий группам экспертов не представилась возможность поработать с советскими коллегами, чтобы произвести пробный расчет доз. Такая работа была бы полезной для более четкого и глубокого понимания ряда вычислительных особенностей. В целом, однако, независимые эксперты сумели в достаточной степени воспроизвести большую часть расчетов, выполненных их советскими коллегами, и остались удовлетворенными тем, что использованные для расчетов методики оказались научно обоснованными.

2. Принятая в СССР методология оценки доз

Основная методология, используемая в СССР для оценки доз облучения, полученных в результате аварии на Чернобыльской АЭС, и называемая ниже термином "официальная методология", содержится в 4-х документах:

— Методологические принципы расчета уровней внешней и внутренней доз облучения населения, проживающего на территориях, загрязненных радиоактивными материалами в результате аварии на Чернобыльской АЭС [1].
— Методологические основы прогнозирования ожидаемых уровней дозы облучения радионуклидами цезия для населения, постоянно проживающего в загрязненных районах в результате аварии на Чернобыльской АЭС [2].
— Методологические принципы прогнозирования ожидаемых уровней дозы облучения радионуклидами стронция для населения, постоянно проживающего в районах радиоактивного загрязнения, как последствие аварии на Чернобыльской АЭС [3].
— Руководство по оценке дозы облучения щитовидной железы в результате попадания в организм человека радиоактивных изотопов йода [4].

2.1. Внешнее облучение

2.1.1. Доза, полученная от радиоактивного облака

Для оценки внешнего облучения от радиоактивного облака с выброшенными в воздух радионуклидами в первые дни после аварии использовались три различных метода [1]:

— Измерения внешних доз гамма-облучения от дозиметров, установленных перед аварией на расстоянии от 1,5 до 50 км вокруг станции как часть текущей программы измерений в окружающей среде, использовались для оценки дозы гамма-облучения от облака путем вычитания вклада в дозу от выпавших радиоактивных частиц.
— Была выведена эмпирическая формула, которая позволяет сопоставить дозу гамма-облучения от облака с дозой облучения, накопленной щитовидной железой при попадании радионуклидов в организм через дыхательные пути, которая измерялась через 5–10 дней после аварии (формула может применяться к взрослым лицам, принимавшим только незагрязненную пищу и не принимавшим йодосодержащие препараты):

$$D_{обл.} = 0{,}01\ D_{щитов., дых. пути.} \qquad (1)$$

— Была выведена эмпирическая формула, которая позволяет коррелировать дозу гамма-облучения, полученного от облака, с результатами измерения мощности экспозиционной дозы:

$$D_{обл.} = 0{,}1\ P_{\gamma}(d_0 + 15), \qquad (2)$$

где $P_{\gamma}(d_0 + 15)$ — это мощность дозы гамма-излучения (мР/ч) на 15-й день после начала аварии, а $D_{обл.}$ — это доза гамма-облучения, полученная от облака (рад).

Оценки доз гамма-облучения от облака, полученные при использовании трех вышеуказанных методик, показывают, что доля гамма-облучения от облака не превышает 20% внешней дозы гамма-облучения от радиоактивных веществ, выпавших в течение первых 15 дней после аварии. Советская сторона исходила из предположения, что расчетный верхний предел дозы, полученной от радиоактивного облака, составляет 10% дозы за первый год внешнего облучения от радиоактивности выпавших на землю радионуклидов [1].

Таблица 1

Изменение по времени мощности внешней дозы облучения и накопленной через воздух дозы относительно мощности дозы облучения в 1 мР/ч через 15 дней после аварии [1]
[R = 258 μКл/кг]

Время после аварии	Мощность дозы (мР/ч)	Накопленная доза (мГр)
1 день	3	4,3
4 дня	2,5	5,7
7 дней	1,7	7,2
15 дней	1,0	9,0
1 месяц	0,55	12
3 месяца	0,22	17
1 год	0,074	25
3 года	0,039	34

2.1.2. Доза облучения, полученная от выпавших радионуклидов

Описание методологии, которая использовалась для оценки дозы всего тела и дозы, полученной через кожу под действием выпавших на землю радиоактивных материалов, представлено в [1] и [2] и в обобщенном виде излагается ниже.

2.1.2.1. Расчет дозы всего тела

Изменение мощности экспозиционной дозы, полученной на открытом воздухе под действием выпавших на землю радионуклидов, определялось на основании измерения мощности экспозиционной дозы на высоте 1 м от уровня почвы и при использовании моделей прогнозирования. Формулы для расчета внешних доз облучения, данные в [1] и [2], отличаются друг от друга. В течение первых трех лет после аварии, согласно данным в [1], изменение полученной на открытом воздухе мощности экспозиционной дозы, с течением времени приведенное к $d_0 + 15$ (через 15 дней после аварии), представлено в табл. 1. Для периодов времени после 15 дней с момента аварии величины, приведенные в табл. 1, можно аппроксимировать следующим образом:

$$P_\gamma(t) = 7{,}5\ P_\gamma(d_0 + 15)\ t^{-0{,}75}, \qquad (3)$$

где t выражается в днях.

Годовые эквиваленты доз облучения всего тела (взятые для отображения эффективных доз) рассчитывались с использованием следующих коэффициентов [1]:

- 0,87 в качестве коэффициента пересчета величин с мощности экспозиционной дозы на открытом воздухе (выраженной в мР/ч) на мощность поглощенной вне помещений дозы из воздуха (выраженную в мрад/ч);
- 0,7 в качестве коэффициента экранирования от снежного покрова в зимнее время;
- 0,6 в качестве коэффициента миграции цезия-137 в почве (начиная со второго года после аварии);
- 0,4 в качестве коэффициента защитных свойств зданий и условий для работы и проживания в них городского населения;
- 0,75 в качестве коэффициента защитных свойств зданий и условий для работы и проживания в них сельского населения.

Следовательно, суммарные величины коэффициентов пересчета с мощности экспозиционной дозы на открытом воздухе на дозу всего тела человека или эффективную дозу составляют:

- $0{,}87 \times 0{,}4 \times 0{,}7 = 0{,}24$ для городского населения в первый год после аварии;
- $0{,}87 \times 0{,}75 \times 0{,}7 = 0{,}46$ для сельского населения в первый год после аварии;
- $0{,}87 \times 0{,}4 \times 0{,}7 \times 0{,}6 = 0{,}15$ для городского населения во второй и последующие годы после аварии;
- $0{,}87 \times 0{,}75 \times 0{,}7 \times 0{,}6 = 0{,}27$ для сельского населения во второй и последующие годы после аварии.

В соответствии с данными, приведенными в [2], который выпущен позднее [1], величины внешней экспозиционной дозы в течение первых четырех лет после аварии (1986–1989) можно рассчитать по следующей формуле:

$$D_{внешн.}(1986\text{–}1989) = K\ \sigma_{137}, \qquad (4)$$

где $D_{внешн.}$ (1986–1989) — это внешняя экспозиционная доза за период с 1986 по 1989 гг. в бэр, σ_{137} — плотность выпадения цезия-137, выраженная в Ки/км^2, а K — коэффициент, выраженный в бэр на Ки/км^2. (Примечание: в настоящем отчете оговорено, что внешняя экспозиционная доза представляет дозу облучения всего тела или эффективную дозу.) Величина коэффициента **K** меняется в зависимости от района радиоактив-

ного загрязнения. Удельные значения коэффициента **K** для различных регионов распределяются следующим образом:

Киевская область	0,26
Житомирская область	0,26
Гомельская область (южн.)	0,26
Брагинский район	0,26
Наровлянский район	0,19
Хойнический район	0,23
Гомельская область (юго-вост. часть)	0,16
Могилевская область	0,16
Брянская область	0,16

При определении величин коэффициента **K** используется коэффициент пересчета мощности внешней экспозиционной дозы, полученной на открытом воздухе, на эффективную дозу. Значения коэффициента пересчета мощности экспозиционной дозы, полученной на открытом воздухе, на эффективную дозу приведены в [2] и составляют 0,46 бэр/Р для сельской местности и 0,24 бэр/Р для городов. Эти величины в числовом выражении полностью соответствуют данным, использованным в [1] для первого года после аварии, однако они превышают величины, приведенные в [1] для второго года и последующих лет после аварии. В [1] указывается, что измеренные индивидуальные дозы не превышали расчетных доз в 90% случаях для взрослого населения и 97% для детей.

Согласно [2] прогнозирование доз от внешнего облучения в период с 1990 по 2060 гг. выполняется с использованием модели, выведенной по результатам наблюдений за выпадением и миграцией цезия-137 в почве после испытаний ядерного оружия в 60-е годы [5]. Ежегодные дозы, $D_{внеш}(t)$, за 1988 год и более поздний период можно рассчитать по формуле:

$$D_{внешн.}(t) = d_0(1988)(0{,}7\ e^{-0{,}3t} + 0{,}3\ e^{-0{,}024t}), \quad (5)$$

где t — это время в годах после 1988 г. (для 1988 г. t = 0), а d_0 (1988) — это годовая эффективная доза за 1988 г., выраженная в бэр, что в числовом выражении эквивалентно 0,028 σ_{137}, где σ_{137} — это плотность выпадения цезия-137 в Ки/км^2. При интегрировании вышеуказанного уравнения за период 70 лет (1990–2060) мы получим следующую формулу (см. [2]):

$$D_{внешн.}(1990\text{–}2060) = 0{,}32\ \sigma_{137}. \quad (6)$$

2.1.2.2. Доза, полученная через кожу

В [1] указывается, что доза облучения, полученная через кожу под действием радиоактивного загрязнения грунта и растительности, рассчитывается по следующей формуле:

$$P_{\beta}(\text{бэр/д}) = 1{,}5 \times 10^{-3}\ \sigma\ (\text{Ки/км}^2), \quad (7)$$

где σ обозначает суммарную активность, выпавшую на единицу площади. Считается, что максимальная энергия β-излучения составляет приблизительно 1 МэВ на распад. Мощность дозы на кожные покровы включает излучение от почвы и от поверхностного загрязнения одежды и кожи человека; она рассчитывается на сутки, так как загрязнения на коже ежедневно удаляются умыванием и другими водными процедурами.

2.2. Внутреннее облучение

2.2.1. Цезий

Методологии по оценке внешних доз, полученных от радионуклидов цезия, были опубликованы в 1986 и 1988 гг. [1, 2]. Несмотря на то, что ранее изданные документы подверглись значительным изменениям, они до сих пор включаются в официальную методологию и представляют значительный интерес, поскольку первоначально, в течение первых двух лет после аварии, использовалась именно эта методология.

2.2.1.1. Содержание цезия в молоке и рационе питания

Первый год (методология [1]*, 1986 г.)*

В официальной методологии указывается, что "в течение первого года поступление в организм цезия с продуктами питания определялось радиоактивным загрязнением, попавшим в организм не через корни растений, а иными путями". Далее излагается предположение, что коэффициент удержания цезия в пастбищных растениях с биомассой 1 кг/м^2 составляет 0,2; иными словами, доля захвата массой составляет 0,2 м^2/кг. Считается, что содержание цезия в траве с течением времени меняется по типу двухкомпонентного экспоненциального распада с полупериодами 3 дня (70%) и 50 дней (30%). Таким образом, уравнение для вывода содержания цезия в кормо-

вых пастбищных травах $q_g(t)$, выраженное в μКи/кг, имеет следующий вид:

$$q_g(t) = 0{,}2(0{,}7\ e^{-0{,}231t} + 0{,}3\ e^{-0{,}14t})\sigma_{137}, \qquad (8)$$

где σ — плотность выпадения цезия-137 в μКи/м^2 (или в Ки/км^2).

Далее берется допущение, что период пастбищного содержания скота составляет шесть месяцев; заготовка сена производится в последние три месяца пастбищного периода; потребление травы при выпасе коровы составляет 50 кг/д, период полувыведения цезия-137 из организма коровы составляет 30 дней, а часть активности, выводимая ежедневно с молоком, составляет 0,13. Последняя величина понимается как эквивалент 0,013 д/л с дополнительным условием ежедневного надоя молока 10 л/д.

Содержание цезия в молоке, $q_m(t)$, выраженное в μКи/л, до перевода коров на стойловый откорм задается следующей формулой:

$$q_m(t) = 0{,}013\ q_d\lambda_c[0{,}7\ (e^{-\lambda_c t} - e^{-\lambda_1 t})/\lambda_1 - \lambda_c) + \\ + 0{,}3(e^{-\lambda_c t} - e^{\lambda_2 t})/(\lambda_2 - \lambda_c), \qquad (9)$$

где λ_c — скорость выведения цезия из организма коровы, 0,023 в день, λ_1 — скорость выведения 70% цезия из пастбищного корма, 0,231 в день, λ_2 — скорость выведения 30% цезия из пастбищного корма, 0,014 в день, а q_d — ежедневное поступление цезия в организм коровы с кормом, 50 кг/д, умноженные на величину исходного загрязнения пастбищного корма, $q_g(0)$.

При переводе коров с пастбищного содержания на стойловое исходят из предположения о постоянном содержании цезия в сене, равном среднему содержанию цезия в пастбищном корме (траве) в период сенокоса. Такая концентрация задается формулой:

$$q_{g(t)} = 0{,}2[0{,}7(1 - e^{-\lambda_1 t_h})/\lambda_1 + \\ + 0{,}3(1 - e^{-\lambda_2 t_h})/\lambda_2]\sigma_{137}/t_h, \qquad (10)$$

где t_h — средняя продолжительность периода времени (в днях), прошедшего между выпадением радионуклидов и заготовкой сена.

Содержание цезия-134 в пастбищном корме и в молоке, как указывается в документе, "рассчитывается на основе предполагаемого отношения его концентрации в выпавших осадках к концентрации цезия-137, оставаясь при этом в пределах от 1:2 до 1:1,5". Данное утверждение отражает конкретные условия для первого года после аварии.

В документе отсутствуют какие-либо иные специфические рекомендации по определению содержания цезия в других пищевых продуктах, исключая молоко.

Второй год (методология [1], *1986 г.)*

В течение второго года перенос цезия в пищевые продукты идет по пути "почва–корни растений". Для Украинско-Белорусского Полесья, которое относится к региону, наиболее пострадавшему от радиоактивного загрязнения в результате аварии, мобильность цезия в почве превышает "в десятки раз" аналогичные данные для других районов страны. (Содержание цезия в молоке, например, по данным советских специалистов, в 1,5 — 15 раз выше в загрязненных районах по сравнению с другими районами.) В документе дается рекомендация, что при расчетах для конкретного района следует использовать коэффициенты переноса радиоактивности, определяемые на основе данных о глобальном выпадении осадков до получения более новых данных о выпадении радиоактивных осадков в результате аварии на Чернобыльской АЭС. В документе указывается, что для этого достаточно определить среднегодовое содержание цезия в молоке. Оно задается следующей формулой:

$$q_m = K_m\sigma_{137}, \qquad (11)$$

где K_m — коэффициент переноса радиоактивности в молоко (Ки/л на Ки/км^2). (Следует отметить, что единицы измерения q_m в уравнении (11) выражаются в Ки/л, а в уравнении (9) — в μКи/л. Кроме того, значения σ_{137} в уравнении (11) выражаются в Ки/км^2, а в уравнении (8) единицей измерения является μКи/м^2. В числовом выражении величины σ_{137} будут одинаковыми для всех выбранных единиц). Предполагается, что в течение второго года и после него соотношение цезий-134/цезий-137 будет изменяться вследствие различного периода полураспада этих радионуклидов.

Для всего рациона питания делается вывод о том, что содержание цезия может определяться при помощи переводных коэффициентов для всего рациона питания или исходя из предположения, что потребление в пищу молока определяет

до 70% дневного поступления цезия в организм в БССР и до 30% в УССР. Величины переводных коэффициентов для всего рациона питания, по данным советских специалистов, находятся в пределах от 2×10^{-9} до 20×10^{-9} км^2/л. Пример расчетов с использованием "достаточно умеренной" величины 5×10^{-9} км^2/л приводится в [1].

2.2.1.2. Содержание цезия в организме

Первый год (методология [1]*, 1986 г.)*

Этот расчет специально не описан в методологии [1] 1986 г. в разделе, относящемся к первому году. Однако, в [1] приводится общее уравнение по определению содержания цезия в организме при условиях изменения структуры питания. Уравнение имеет следующий вид:

$$Q(t) = e^{-\lambda_e t} \int_0^t q_r(\tau) e^{-\lambda_e \tau} \, d\tau, \qquad (12)$$

где λ_e — скорость выведения цезия из организма человека (в день), $q_r(\tau)$ — ежедневное поступление цезия в организм через продукты питания (Ки/д), а Q(t) — содержание цезия в организме человека (в Ки).

Величины λ_e задаются как 0,0063 в день для цезия-137 и 0,00716 в день для цезия-134 для взрослых, что соответствует полупериоду биологического удержания радионуклида 110 дней. Для детей скорость выведения цезия из организма задается следующей формулой:

$$\lambda_e = 0{,}693/[12{,}8(a^{0{,}5} - e^{-a})], \qquad (13)$$

где a — возраст ребенка (в годах), а λ_e выражена в обратных единицах измерения (дни). В методике указывается, что $q_r(\tau)$ может быть задано формулой (9) "с коррекцией на всю структуру питания в целом".

Второй год (методология [1]*, 1986 г.)*

Делалось предположение, что начиная со второго года содержание цезия в продуктах питания остается постоянным на протяжении всего года. При этом, содержание цезия в организме задается следующей формулой:

$$Q(t) = q_r(1 - e^{-\lambda_e t})/\lambda_e. \qquad (14)$$

Для уравнений (12) и (14) принимается условие, что часть цезия, поступившая в организм через желудочно-кишечный тракт, составляет 1,0. Еще один метод расчета Q(t) предлагается для условий хронического постоянного поступления радиоактивности в организм (Ки/д). Этот метод использует эмпирическое соотношение:

$$Q(t) = 120 \, q_r. \qquad (15)$$

2.2.1.3. Внутренняя доза облучения от радионуклидов цезия

Первые четыре года (до конца 1989 года)

В методологии [1] 1986 года указывается, что доза, поступившая в мягкие ткани за период времени T, задается как произведение интегральной дозы всего организма за этот период и коэффициента мощности дозы:

$$D(T) = d_0 \int_0^T Q(t) \, dt, \qquad (16)$$

где d_0 — коэффициент мощности дозы (рад/д на Ки). В материалах указываются величины 360 рад/д на Ки (0,13 рад/г на μКи) для цезия-137 и 610 рад/д на Ки (0,22 рад/г на μКи) для цезия-134.

По методологии [2] 1988 г. расчет внутренних доз облучения за период с 26 апреля 1986 г. до конца 1989 г. основывается на "данных о фактическом содержании радиоизотопов цезия в организме жителей отдельных населенных пунктов, полученных в результате проведения непосредственных измерений или путем расчета поступившего в организм цезия с продуктами питания".

Доза за остаток 70-летнего периода (1990–2056 гг.) (методология [2] *1988 года)*

В критическую группу были включены лица, родившиеся в год аварии и проживающие в данной местности в течение 70 лет. Все данные в расчетной модели ориентируются на взрослых, при этом указывается, что это делается преднамеренно, чтобы дозы для детей и подростков были завышены.

Расчеты основываются на уровнях содержания цезия в продуктах питания в 1988 году. При оценке данных для настоящих расчетов установлено, что использовался 90-процентный кван-

тиль распределения цезия-137 в молоке и других продуктах. Кроме того, в расчетах используется консервативная величина для полупериода выведения цезия из пищевых продуктов, равная 14 годам. Было также отмечено, что сочетание таких консервативных оценок позволяет получить завышение величины доз с коэффициентом, равным по меньшей мере 2.

Для расчетов принималось условие, что жители употребляли в пищу продукты питания местного производства. Был указан еще ряд дополнительных условий, которые принимались на основании изучения загрязненных районов. К ним относятся:

- Средний уровень дневного поступления цезия в организм с мясом и молоком эквивалентен содержанию радионуклидов цезия в 1 л молока.
- Ежедневное потребление картофеля в пищу составляет 630 г.
- Для практических целей принималось условие, что содержание цезия-137 в картофеле не зависит от плотности выпадения цезия-137 в данном районе. Значение 90-процентного квантиля распределения содержания цезия в картофеле в 1988 году составило $0{,}6 \times 10^{-8}$ Ки/кг.
- Поступление радионуклидов цезия при употреблении в пищу картофеля составляет 70% от всего цезия, поступившего в организм с овощными продуктами.
- Содержание цезия в рационе питания остается постоянным в течение любого (одного) года.
- Содержание цезия-137 в организме человека является постоянным в течение любого (одного) года.
- На основании наблюдений за поведением цезия-137 при глобальном выпадении осадков с начала 1988 г. отмечается понижение концентраций цезия в молоке и других пищевых продуктах, так как период полувыведения цезия-137 составляет 14 лет, а физический распад цезия-134 произошел еще раньше (период полураспада для цезия-134 равен двум годам).

Прогнозирование внутренней дозы должно основываться на фактических измерениях концентрации цезия-137 в коровьем молоке, полученном в личных хозяйствах жителей сельских населенных пунктов летом 1988 г., а также на уровне концентрации цезия в картофеле, указанном выше. Для населенных пунктов, жители которых не имели в домашнем хозяйстве молочного скота, концентрация цезия в молоке (Ки/л) за 1988 г. должна прогнозироваться на основании данных о плотности выпадения цезия-137 (Ки/км^2):

$$q_m = 1{,}5 \times 10^{-9}\sigma_{137}. \quad (17)$$

Доза для периодов времени, начиная с 1990 года, должна основываться на дозе, которая была определена для 1988 года. Следовательно:

$$D(t) = D_0^{137} e^{-\lambda_{137}t} + D_0^{134} e^{-\lambda_{134}t}, \quad (18)$$

где D(t) — среднегодовая эквивалентная доза за период времени t (бэр/г), D_0^{137} и D_0^{134} — среднегодовые дозы облучения, полученные от цезия-137 и цезия-134 в 1988 году (бэр/г); λ_{137} и λ_{134} — показатели скорости выведения цезия из пищевых продуктов, составляющие соответственно 0,05 в год для цезия-137 и 0,35 в год для цезия-134.

Для 1988 года было установлено, что отношение годовой дозы облучения от цезия-134 к годовой дозе облучения от цезия-137 составило 0,42. Следовательно, уравнение (18) можно записать в ином виде:

$$D(t) = D_0^{137}(e^{-\lambda_{137}t} + 0{,}42\, e^{-\lambda_{134}t}). \quad (19)$$

В результате данного упрощения необходимо определить только контрольную дозу облучения радионуклидами цезия-137 для сравнения. Указывается, что для этого следует использовать следующую формулу:

$$D_0^{137} = Q_0\, d_0, \quad (20)$$

где Q_0 — установившееся содержание цезия-137 в организме (Ки), а d_0 — коэффициент мощности дозы, равный $1{,}31 \times 10^5$ бэр/г на Ки.

В методологии указывается, что накопление цезия в организме человека описывается упрощенным уравнением (в котором не учитывается кратковременная составляющая выведения цезия из организма):

$$Q(t) = q(1 - e^{-\lambda_e t})/\lambda_e, \quad (21)$$

где q — ежедневное поступление цезия-137 в организм с продуктами питания (Ки/д).

Таким образом, установившееся содержание цезия-137 в организме будет равно:

$$Q_{равн} = q/\lambda_e. \quad (22)$$

Из уравнений (19), (20) и (22) можно вычислить дозу на время t:

$$D(t) = qd_0(e^{-\lambda_{137}t} + 0{,}42\ e^{-\lambda_{134}t})/\lambda_e, \quad (23)$$

где D(t) выражена в бэр/г. Суммарная доза за 66 лет (1990–2056 гг.), таким образом, составит:

$$D(66) = 18{,}6\ q_0 d_0/\lambda_e \quad (24)$$

или в числовом выражении для d_0 и λ_e:

$$D(66) = 3{,}87 \times 10^8\ q_0. \quad (25)$$

Параметр q_0 означает ежедневное поступление цезия-137 в организм в 1990 году. Исходя из принятых выше условий, q_0 (в Ки/д) определяется по следующей формуле:

$$q_0 = 0{,}9\ q_m + 0{,}63(0{,}6 \times 10^{-8})/0{,}7 =$$

$$= 0{,}9\ q_m + 0{,}54 \times 10^{-8}. \quad (26)$$

Из уравнения (26) очевидно, что коэффициент 0,9 получен, исходя из данных о распаде цезия в продуктах питания за два года. Аналогичная поправка не была, однако, сделана для значений, характеризующих уровни содержания цезия в картофеле. Из уравнений (25) и (26) ожидаемая доза за оставшиеся 66 лет (бэр) должна быть:

$$D(66) = 21(1{,}7 \times 10^7\ q_m + 0{,}1), \quad (27)$$

для которой оговаривается, что q_m — концентрация цезия-137 в молоке в 1988 г. (Ки/л), но период интегрирования дозы идет с 1990 по 2056 гг.

2.2.2. Стронций

Методика расчета доз облучения радионуклидами стронция изложена в двух официальных документах, входящих в официальную методологию, изданных в 1986 и 1988 гг. [1, 3]. Эти методы использовались в тех случаях, когда возникала необходимость в расчете доз, полученных от радионуклидов стронция-89 и стронция-90 через пищеварительный тракт. Однако, за исключением чрезвычайных обстоятельств расчет доз от радионуклидов стронция, полученных через пищеварительный тракт, не являлся первоочередной задачей. Это явилось следствием общепринятого среди советских специалистов мнения, что доза, получаемая людьми от радионуклидов стронция, весьма незначительна по сравнению с дозами от радионуклидов цезия, поступающих в организм через пищеварительный тракт.

В методологии 1986 года [1] не имеется значительного объема данных о фактических расчетах доз, поступающих от радионуклидов стронция. Напротив, в данной методологии содержится несколько общих положений, которые можно кратко сформулировать в следующем виде:

— В течение первого года после аварии эффективная эквивалентная доза измерялась как для стронция-89, так и для стронция-90. В последующие годы эффективная эквивалентная доза почти полностью поступает только от одного стронция-90.
— В течение первого года и последующих нескольких лет соотношение цезий-137/стронций-90 в выпавших осадках составило 1,6:1 (что несколько превышает фактически зарегистрированное количество выпавшего стронция-90), поэтому эффективная эквивалентная доза от радионуклидов стронция весьма незначительна по сравнению с дозой, поступающей от радионуклидов цезия.
— Максимальная концентрация стронция-90 в костных тканях, с учетом ожидаемого снижения содержания этого радионуклида, произойдет через 20 лет после аварии.
— Исходя из вышеизложенного, годовая эффективная эквивалентная доза, получаемая от стронция-90, будет в несколько раз меньше дозы, получаемой от цезия-137. Эффективная эквивалентная доза, накопленная в организме за 50 лет от стронция-90, также в несколько раз ниже, чем доза, полученная за тот же период времени от радионуклидов цезия.

Методология [3], опубликованная в 1988 г., дает специфические методы расчета дозы от радионуклидов стронция. В результате делается почти тот же вывод: доза, поступающая в организм от радионуклидов стронция, практически очень мала по сравнению с дозой, вносимой радионуклидами цезия. Некоторые общие принципы, изложенные в этом документе, аналогичны положениям, рассматриваемым в методологии для расчетов доз от радионуклидов цезия:

— В методологии в основном рассматривается расчет ожидаемых доз за длительный период

для населения, проживающего на загрязненных территориях.

— Прогнозирование доз основывается на данных, собранных за период с 1986 по 1989 гг. (Документ написан в 1988 году, но в основном касается расчета доз с 1990 года и далее, т. е. предполагается, что данные по 1989 году также будут учтены.)
— В критическую группу входят в основном дети, родившиеся в 1986 году, а также лица, которые будут проживать в загрязненных районах в течение 70 лет. Это позволяет провести сравнение с пределом дозы за 70 лет (350 мЗв).
— Расчет специально проводился с использованием консервативных величин, при этом в качестве основы для расчета ожидаемых доз применялся 90-процентный квантиль распределения концентрации. Таким образом, модель предназначена для преднамеренного завышения дозы не менее чем в 2 раза.
— Доза от радионуклидов стронция, полученная через дыхательные пути, также учитывалась определенным образом; результаты показывают, что эта доза составляет приблизительно 1% от дозы, поступающей через пищеварительный тракт. Поэтому этой дозой в последующих расчетах можно пренебречь.

Другие специфические исходные данные для модели расчета ожидаемой дозы включают в себя следующее:

— Следует пользоваться значениями плотности выпадения стронция-90, полученными специалистами Государственного Комитета СССР по гидрометеорологии.
— Соотношение активности стронция-89 к стронцию-90 во время аварии составило 10:1.
— Данные по фактическому содержанию стронция (или цезия в качестве заменителя) должны использоваться для периода с 1986 по 1989 гг.
— Загрязнение стронцием-90 продуктов в рационе питания понижается по экспоненциальному закону начиная с 1990 г. с периодом полувыведения 10 лет. (В документе нет данных, подтверждающих это утверждение или ссылок на его источник.)
— Ежедневное поступление стронция-90 в организм с продуктами питания при плотности его выпадения 1 Ки/км^2 в течение 1990 г. составляет 2×10^{-10} Ки, в то время как величина 90-процентного квантиля распределения составляет $3{,}5 \times 10^{-10}$ Ки. (В документе отсутствуют данные, подтверждающие эти величины, и не даются ссылки на источник их получения.)

2.2.2.1. Поступление радиоактивных веществ в организм с пищевыми продуктами

Первые четыре года (до конца 1989 г.)

Признается, что для организации защитных мероприятий по снижению поступления радионуклидов в организм человека после аварии было сделано очень многое и что в различных регионах эти мероприятия значительно отличались друг от друга. Отмечается также, что в течение первых лет после аварии число измерений содержания стронция оказалось недостаточным. Поэтому, в качестве "объективного количественного критерия эффективности этих (контр)мер" предлагается использовать фактически зарегистрированные у жителей уровни содержания цезия. Для производства расчетов указанная аналогия с цезием используется и в дальнейшем. Указывается, что средний уравновешенный уровень содержания цезия в организме и средние уровни постоянного ежедневного поступления цезия в организм определяются уравнением:

$$A = q_{\text{ежд}}/\lambda_{\text{эфф}}, \qquad (28)$$

где A — содержание цезия в организме (в μКи); $q_{\text{ежд}}$ — ежедневное поступление цезия с пищей (μКи/д), а $\lambda_{\text{эфф}}$ — это скорость выведения цезия (соответствующая эффективному периоду полувыведения 110 дней) с единицей измерения (д$^{-1}$).

При оценке ежедневного поступления стронция предполагалось, что его концентрация в рационе питания составляет 0,01 от концентрации цезия. При этом утверждается, что фактические значения этого соотношения изменяются в пределах от 0,001 до 0,01, так что допускаемая величина 0,01 является консервативной. (Это утверждение ничем не обосновано и не имеет документального подтверждения.)

В уравнении (28) величину годового поступления стронция Q_{Sr} (μКи/г) за период с 1986 по 1989 гг. можно рассчитать с помощью уравнения:

$$Q_{Sr} = 365\ A\ \lambda_{\text{эфф}} K_{Sr}, \qquad (29)$$

где K_{Sr} — отношение стронция к цезию в рационе питания (0,01), а другие параметры уравнения — те же самые, что и в предыдущем примере. Если ввести в уравнение значения этих параметров, оно примет следующий вид:

$$Q_{Sr} = 0{,}023\ A. \quad (30)$$

В методологии [3] указывается, что в соответствии с результатами многочисленных измерений, проведенных при помощи установки СИЧ, относительные величины содержания цезия в организме жителей контролируемых районов в течение 1986, 1987, 1988 и 1989 гг. можно охарактеризовать соотношением 6:2:1,4:1. Указывается, что в строго контролируемых районах, где введены ограничительные меры, фактическое содержание цезия в организме за 1988 г. соответствует годовому поступлению в организм цезия со значением 3,7 μКи для сельского и 0,7 μКи для городского населения. Годовое поступление в организм стронция-90 будет составлять 1% от указанных значений при условии вышеприведенных допущений. Следовательно, значения годового поступления в организм стронция за 1986–1989 гг. можно пропорционально распределить по годам в соответствии с приведенным выше соотношением, а также используя для этого значения нормализации для 1988 года.

Для местностей, где ограничительные меры не вводились, для расчета ожидаемой дозы можно использовать следующее уравнение:

$$Q_{Sr} = K_i \sigma_{Sr}, \quad (31)$$

где K_i — константа пропорциональности с зависимостью по времени, а σ_{Sr} — плотность выпадения стронция-90 (Ки/км^2). Указывается, что значения K_i за 1986, 1987, 1988 и 1989 гг. составляют соответственно 0,78, 0,26, 0,18 и 0,13 μКи/г на Ки/км^2.

Ввиду короткого периода полураспада стронция-89, расчеты доз имеет смысл проводить только для 1986 г. Исходя из соотношения стронций-89/стронций-90 на момент аварии, указывается, что в 1986 г. на каждую единицу поступления в организм стронция-90 приходились две единицы стронция-89.

Остаток 70-летнего периода (1990–2056 гг.)

Расчетное годовое поступление в организм стронция-90 выражается формулой:

$$Q(t) = Q_0\, e^{-\lambda t}, \quad (32)$$

где λ — скорость выведения стронция-90 из принимаемой пищи (соответствующая периоду полувыведения 10 лет) с единицей измерения (год); Q_0 — годовое поступление (90-процентный квантиль распределения) в течение 1990 года (Ки/г), равное 0,128 σ_{Sr}, где σ_{Sr} — плотность выпадения стронция-90 (Ки/км^2).

2.2.2.2. Доза облучения красного костного мозга

Доза облучения красного костного мозга определяется на период в 70 лет для людей, родившихся в 1986 году. В этих расчетах используются функции удержания стронция в корковом слое и трабекулах костей с учетом изменений в массе коркового слоя и трабекулах костей в зависимости от возраста. Более подробно этот вопрос и величины параметров приводятся в справочных документах [3].

2.2.3. Йод

В одном из документов официальной методологии [4] приводятся методы расчета эквивалентной дозы щитовидной железы при бета-распаде в ней изотопов йода после его поступления в организм в результате выброса из реактора, при этом используются разовое измерение дозы щитовидной железы, знание вероятного пути и характера поступления радиоактивного вещества в организм и данные таблиц. Данные измерений дозы щитовидный железы преобразуются в эквивалентные значения активности йода-131 в щитовидной железе, используя в этих целях инструментальный калибровочный коэффициент. Из-за присутствия в щитовидной железе других изотопов йода такое преобразование корректируется с помощью коэффициента r(t), где t — время с момента аварии до проведения измерений. Затем рассчитывается общая доза щитовидной железы от поступления в организм всех изотопов йода. Поступление в организм йода и его удержание щитовидной железой моделируется как простая экспоненциальная функция с очевидным периодом полувыведения, соответствующим возрасту обследуемого лица. Поглощение и удержание радиоактивного йода в овощах и молоке моделируется аналогичным образом, при этом активность молока зависит от уровня радиоактивности в кормах, потребляемых коровами.

В момент проведения измерений йод-131 обычно является основным радионуклидом в щитовидной железе, однако другие короткоживущие радиоизотопы йода (йод-132, йод-133,

йод-134 и йод-135) могут присутствовать в результате поступления изотопов йода и теллура-132. Активность йода-131 в щитовидной железе оценивается по мощности экспозиционной дозы. Наличие в щитовидной железе других изотопов йода учитывается с помощью коэффициента r(t), который зависит от времени с момента аварии до проведения измерений. Мощность экспозиционной дозы по йоду-131 в щитовидной железе умножается на K (μКи на μР/с), т. е. на калибровочный коэффициент по йоду-131 в щитовидной железе с поправкой на используемый измерительный прибор, для определения W(t), т. е. активности йода-131 в щитовидной железе в момент измерения:

$$W(t) = K\,[P_{щ.ж.}(t) - P_{фон}(t)]/r(t), \qquad (33)$$

где $P_{щ.ж.}(t)$ и $P_{фон}(t)$ — соответственно измеренная мощность экспозиционной дозы на щитовидной железе в момент времени t и измеренное фоновое значение.

Доза на щитовидной железе затем рассчитывается следующим образом. Основным параметром служит величина D_1 , т. е. доза, которая поступит на щитовидную железу с момента измерения, (t), и в будущем от активности йода-131, W(t), накопленной щитовидной железой на момент измерения, t. Это связано с тем, что D_1 зависит только от используемой модели йодного обмена, а не от характера или пути поступления йода в организм. Для оценки общей дозы при разных схемах или путях поступления йода в организм, значение D_1 используется различными способами. D_1 получают при умножении W(t) на d (бэр/μКи), т. е. на коэффициент, который используется для пересчета активности йода-131 в щитовидной железе на общую дозу радиоактивного облучения щитовидной железы от такой активности с момента измерения до момента полного выведения из нее радионуклидов:

$$D_1 = W(t)d. \qquad (34)$$

Величина d меняется в зависимости от возраста обследуемого лица, что отражает изменение скорости выведения йода из щитовидной железы с возрастом.

Доза облучения щитовидной железы до проведения измерения (и после проведения измерения, если поступление радионуклидов продолжается) определяется в дальнейшем с точки зрения режима и путей их поступления, которые берутся из данных анкеты, заполняемой обследуемым лицом. Считается, что все поступления через дыхательные пути происходили в режиме глубокого дыхания, а все поступления радионуклидов с продуктами питания носили постоянный характер. Что касается поступления радионуклидов при приеме пищи, то в этом случае дозы могут рассчитываться как для постоянных поступлений радиоактивности, которые прекратились к моменту проведения измерения, так и для постоянных поступлений, которые продолжаются и после проведения измерения в результате наличия тех же уровней радиоактивности в пищевой цепочке. Для случаев поступления радиоактивных веществ при глубоком вдыхании и их постоянном поступлении с пищевыми продуктами имеются методы расчета доз как для однократного, так и многократного загрязнения, а также для случаев поступления радионуклидов при постоянном приеме пищи, когда поступления в организм прекращаются за некоторое время до проведения измерения. Для упрощения ниже будут описаны только случаи однократных загрязнений. Методы расчета для других случаев загрязнения описаны в [4].

2.2.3.1. Поступление радиоактивности в организм через дыхательные пути

Общую дозу облучения щитовидной железы йодом-131 через дыхательные пути, D_2, получают путем умножения D_1 на коэффициент $C(\tau,t)$, который вносит поправку в величину D_1 на часть общей дозы, поступившей в щитовидную железу в период между временем прохождения радионуклидов через дыхательные пути, τ, до момента проведения измерения t. Величина $C(\tau,t)$ является функцией времени между прохождением радионуклидов через дыхательные пути и проведением измерения, а также зависит от скорости выведения йода из щитовидной железы. Поэтому в таблицах (см. [4]) приводятся данные с учетом возраста обследуемого лица и времени, прошедшего с момента поступления йода в организм до момента проведения измерения.

Общая доза облучения, D_Σ, получаемая от всех вдыхаемых изотопов йода, определяется умножением дозы йода-131 на коэффициент s, учитывающий вклад короткоживущих радиоизотопов йода:

$$D_\Sigma = D_1 C(\tau,t)s. \qquad (35)$$

Величина s зависит от: (а) первоначального состава выброшенных радионуклидов; (б) скорости

распада и относительных доз на единицу поступивших в организм изотопов йода и (в) времени с момента аварии до поступления радионуклидов в организм через дыхательные пути. Для какого-то заданного выброса радионуклидов параметры "а" и "б" постоянны, поэтому значение параметра s будет зависеть только от времени между аварией и моментом прохождения радионуклидов через дыхательные пути.

2.2.3.2. Поступление радионуклидов в организм с продуктами питания

Для обоих режимов поступления радионуклидов в организм с продуктами питания имеются два комплекта таблиц с данными для каждого из двух коэффициентов $g(\Theta,t)$ и $h(\Theta,t)$ (см. ниже), характеризующих случаи, при которых: (а) основное поступление происходит с молоком или (б) основное поступление происходит с овощами. Поэтому поступление радионуклидов в организм отдельного лица рассматривается как функция времени, в течение которого происходит понижение содержания радиоактивного йода в потребляемой пище. Рассматривается только доза облучения от йода-131, а дозы облучения от других изотопов считаются несущественными.

Дозы щитовидной железы, получаемые до и после измерения, рассчитываются отдельно. В этом случае вновь используется величина D_I в качестве основы для расчета. Доза D_H, полученная до измерения, определяется путем умножения D_I на коэффициент $g(\Theta,t)$, где Θ — время с момента аварии до выпадения радиоактивного йода на растительность, а t — период времени с момента аварии до проведения измерения на щитовидной железе. Величина $g(\Theta,t)$ выводится на основании условия, что обследуемое лицо употребляет постоянное количество загрязненной пищи с момента загрязнения ее источника до проведения измерения, а также считая при этом, что радиоактивность в пищевых продуктах снижается в соответствии с определенными коэффициентами выведения изотопов.

Если поступление в организм радионуклидов прекратилось в момент проведения измерений, то общая доза определяется как $D_I + D_H$. Если поступление в организм продолжается и после проведения измерения на щитовидной железе, то умножая D_I на коэффициент $h(\Theta,t)$, мы определим дозу D_{oct},, получаемую после проведения измерения. Это подразумевает, что тот же самый источник радиоактивности в продуктах питания будет использоваться и в дальнейшем в тех же самых количествах в течение неопределенного времени, и что радиоактивность из организма будет также выводиться с прежней скоростью. В этом случае общая полученная доза будет равняться $D_H + D_{oct}$.

При оценке доз, поглощенных щитовидной железой у лиц, для которых отсутствуют данные непосредственных измерений на щитовидной железе, следует пользоваться аналогией и сопоставлением с лицами, прошедшими обследование и измерения, или же применить для этой цели радиационную экологическую модель.

3. Обзор советской методологии оценки доз

Об адекватности советской методологии оценки доз можно судить, главным образом, путем сравнения расчетных доз с дозами, полученными независимым путем. Такая сравнительная оценка представлена в разделе 6. Цель настоящего раздела состоит в том, чтобы кратко изложить замечания по некоторым уравнениям и параметрам, выбранным для методов оценки доз.

Хотя документы, в которых излагается советская методология оценки доз, содержат полезные сведения о методике расчета индивидуальных доз, они имеют ряд недостатков:

— Представленные в документах методики изложены не достаточно ясно. В отдельных случаях это связано с трудностями перевода; однако, чаще отсутствует четкое определение параметров и математических выражений. Отсутствие необходимой информации могло бы привести к неправильным предположениям и, таким образом, к противоречию указанным выводам.
— Просматривается тенденция давать величины параметров без каких-либо ссылок на методику выбора или расчета этих величин. Признавая, что в такого рода документах не всегда разумно приводить всю эту информацию, было бы весьма желательно делать ссылки на источники, чтобы эти величины можно было при необходимости проверить.

3.1. Внешняя доза

3.1.1. Доза гамма-облучения, получаемая от радиоактивного облака

Для проверки надежности методов расчета доз гамма-излучения, получаемых от радиоактивного облака, была необходима подробная информация о распределении радионуклидов в воздухе и на земле с течением времени после аварии. Такая информация не была доступной для международных экспертов. Следует, однако, признать, что дозы гамма-излучения от облака составили в большинстве случаев незначительную часть общей дозы и что их расчетами можно пренебречь.

3.1.2. Дозы от выпавших радионуклидов

Коэффициент пересчета величины дозы, полученной из воздуха, на величину эффективной эквивалентной дозы не упоминается и, по-видимому, был принят за 1. В докладе НКДАР ООН за 1988 год [6] для этого коэффициента предлагается величина 0,7. Величину коэффициента экранирования от снежного покрова не было возможности проверить. Существует мнение, что этот параметр менее значим, особенно когда он применяется к мощности годовой дозы, получаемой от воздуха. Эти два коэффициента компенсируют друг друга в том случае, когда один из них используется, а вторым пренебрегают.

Измерения внешнего облучения, проведенные группой международных экспертов в Новозыбкове (РСФСР) как часть предусмотренной задачи по проверке окружающей среды (см. раздел 3.1), показывают, что мощности внешней дозы характеризуются значительным пространственным разбросом в пределах одной местности [7]. Международным экспертам было неясно, каким же образом советские специалисты определили величину мощности средней (или 90-процентный квантиль распределения) внешней дозы для заданного населенного пункта.

Оценка дозы от внешнего облучения для продолжительных периодов времени, начиная с 1988 г. и в будущем, приводится в [2] (уравнение 5) и зависит от времени полувыведения двух компонентов. Первый компонент вызван миграцией в почве радиоактивного цезия и распадом цезия-134; второй же компонент определяется распадом цезия-137. Эта формула расчета может быть проверена лишь при дальнейшем мониторинге мощности внешней дозы облучения на отдельных участках местности.

3.2. Внутренняя доза

3.2.1. Цезий

Официальная методология для расчета внутренних доз облучения от радионуклидов цезия с небольшими изменениями была использована учеными во Всесоюзном научном центре радиационной медицины в г. Киеве, в Институте радиационной медицины в г. Минске и в Ленинградском научно-исследовательском институте радиационной гигиены и его филиале в Новозыбкове, определявших расчетные дозы соответственно для населения УССР, БССР и РСФСР. Ряд существенных изменений и дополнений к официальной методологии был сделан в Киеве, где ученые разработали более сложную модель с использованием метода Монте-Карло для возможности сравнения доз, рассчитанных по официаль-

ной методологии, с данными вероятностного распределения, полученными с помощью более реалистичной модели [8]. Ученые в Ленинграде также выполнили расчеты с использованием более реалистичной модели, поскольку, на их взгляд, ожидаемое снижение содержания цезия-137 в пище является достаточно консервативным параметром [9].

В методиках расчетов, разработанных в 1986 году [1], приводятся способы расчета доз в течение первого и второго годов. Оценки доз для последующих лет предлагается выводить на основе расчетов второго года, исходя из предположения, что период полувыведения цезия-137 в продуктах питания составляет 14 лет. Утверждалось, однако, и то, что эта оценка считается очень консервативной, поскольку другие данные указывают на более быстрый распад цезия в продуктах питания в соответствии с периодом его полувыведения, равного 7,5 годам. В [1] особое внимание уделяется подходу к моделированию расчета содержания цезия в пастбищных кормах животных, в молоке, общем рационе питания и в организме человека.

Методология, предложенная в 1988 г. [2], значительно совершеннее той, что предлагалась в 1986 году [1]. В методологии 1988 г. внимание сосредоточено на другом аспекте, а именно, на расчете дозы за 70 лет. Это важно для сравнительного анализа с пределом расчетной дозы за 70 лет (35 бэр). В методологии 1988 г. однозначно указывается, что дозы за период с 26 апреля 1986 по конец 1989 г. должны основываться на данных фактического содержания радионуклидов цезия в организме жителей конкретных населенных пунктов и на данных измерений поступления радионуклидов в организм человека с продуктами питания. Содержание цезия в продуктах питания в 1988 году принимается как исходная величина, из которой следует исходить при расчетах на период с 1990 по 2056 гг.

3.2.2. Стронций-90

Расчет доз, полученных от стронция-90, служит для долгосрочного прогнозирования внутреннего облучения [3]. При расчете дозы учитывается поступление стронция в организм только через пищу, а не через дыхательные пути, поскольку во втором случае вклад в общую дозу, полученную от стронция-90, составляет лишь 1%. Эквивалентная доза рассчитывается для красного костного мозга; в расчетах, очевидно, принимается во внимание коэффициент пересчета дозы для грудных детей, который почти в 5 раз больше, чем для взрослого человека.

Методы и параметры, используемые для расчета доз от годового поступления в организм стронция-90, насколько можно судить, по-видимому совпадают с международными рекомендациями. Предположение о том, что концентрация стронция-90 в пище составляет 0,01 от концентрации радионуклидов цезия, может оказаться недействительным для более позднего периода времени. База данных для такого предположения, видимо, недостаточна. Как сообщалось, в Гомеле соотношение стронций-90/цезий-137 в зерне находилось в пределах от 1:11 до 1:420 для 1987 г. и от 1:7 до 1:9 для 1989 г. [10]. Указанный диапазон, особенно для 1987 г., мог быть связан с различными структурными схемами выпадения радионуклидов и различиями в свойствах почв. Полученные в Новозыбкове результаты показывают, что в некоторых продуктах растениеводства радиоактивность от стронция-90 составляет около 3–6% радиоактивности от цезия-137, а в молоке — 0–4%. Эти данные согласуются с ожидаемыми параметрами поступления в организм цезия и стронция. Можно ожидать, что со временем такое соотношение изменится, и стронций-90 станет вносить более значительный вклад во внутреннюю дозу облучения. Тем не менее считается, что доза облучения от стронция-90 будет малой по сравнению с общей дозой ввиду уже принятых контрмер.

3.2.3. Йод-131

3.2.3.1. Методы проведения измерений и интерпретация результатов

Для измерения содержания йода в щитовидной железе использовались самые разнообразные приборы. Многие измерения выполнялись стандартными дозиметрическими приборами типа ДП-5 и СРП-68, использующими счетчик Гейгера или сцинтилляционный детектор [4, 11, 12]. Еще меньшее число измерений проводилось с использованием радиодиагностического оборудования больниц [13]. Из-за чрезвычайности обстановки и убежденности в том, что наиболее серьезная опасность находится на территории УССР, большая часть средств и ресурсов была направлена именно туда, где в условиях общей контролируемой обстановки было выполнено 152 000 измерений. При измерениях использовались коллиматоры, частые проверки со стандартными источниками, а также перенос измеренных фоновых значений на другую часть тела [11]. Минимально регистрируемая радиоактивность находилась в пределах от 0,3 до 5 μКи, а неопределенность характеризуется коэффициентом ниже 2.

Таблица 2

Сравнительная характеристика коэффициентов удержания йода-131 в щитовидной железе [4, 14]

Модель СССР		Данные МКРЗ, № 56	
Возрастная группа (лет)	Период эффективного полувыведения (дни)	Возрастная группа (лет)	Период эффективного полувыведения (дни)
<1	6	0,25	5,6
1–3	6,2	1	5,7
3–7	6,4	5	6,4
7–9	6,6		
9–13	6,8	10	7,2
13–15	7,0		
15–18	7,2	15	7,3
Взрослые	7,5	Взрослые	7,4

В БССР на щитовидной железе было сделано около 250 000 измерений. Однако условия проведения измерений контролировались недостаточно хорошо, и процесс расчетов был гораздо более трудным. Процесс преобразования полученных данных измерений в дозы ведется сотрудниками Института биофизики в Москве [12]. Ожидается, что в конечном счете будет получено 180 000 значений доз, а фактор неопределенности, как считают, будет определяться коэффициентом не выше 2. Имеющиеся в настоящее время результаты измерений примерно на 60 000 человек показывают, что для определенного региона и возрастной группы полученные данные характеризуются нормальным логарифмическим распределением с геометрическим стандартным отклонением в диапазоне от 2,8 до 3,7 [12].

В РСФСР проведено около 30 000 измерений. Из этого числа 3000 измерений были выполнены с высоким качеством и проводились с использованием радиодиагностического оборудования больниц. Данные этих 3000 высококачественных измерений использовались для воссоздания доз примерно 70 000 людей [13].

В советской методологии по оценке доз [4] заданные значения коэффициента калибровки приборов К по абсолютной величине соответствуют тем же значениям, что получены при калибровке приборов в Национальном совете по радиологической защите (НСРЗ) Великобритании для измерения радиоактивности щитовидной железы среднего взрослого человека с той же геометрией подсчета. Снижение величины К в 1,5 раза для детей в возрасте от 3 до 10 лет и в 2 раза для детей до трех лет отражает разумную поправку на вероятные различия в средней толщине ткани над щитовидной железой в указанных возрастных группах.

Имеется достаточное соответствие между значениями r, коэффициента коррекции на измеренную радиоактивность изотопов йода, исключая йод-131, и значениями s, коэффициента коррекции на общую дозу, для расчета дозы при прохождении изотопов йода через дыхательные пути, кроме йода-131, со значениями коэффициентов, рассчитанных в НСРЗ Великобритании для оценки последствий выброса при гипотетической аварии на стандартном реакторе в этой стране.

Эффективные периоды полувыведения йода-131 из щитовидной железы для различных возрастных групп, используемые в советской модели, сравниваются в табл. 2 с оценочными данными, приведенными в публикации МКРЗ № 56 [14], которые выведены на основе очевидного биологического периода полувыведения йода из щитовидной железы и скорости физического распада йода-131. Следует отметить, что публикация МКРЗ № 56 была выпущена в свет после появления советской модели. Если величины, используемые в советской модели, основаны на измерениях при обследовании местного населения, то эти величины более достоверны, чем данные МКРЗ.

Таблица 3

Доза на единицу активности йода-131, поглощенного щитовидной железой, для различных возрастных групп (детей) по отношению к дозе взрослого человека [4, 14]

Модель СССР		Модель МКРЗ-56	
Возрастная группа (лет)	Относительная доза	Возрастная группа (лет)	Относительная доза
<1	7,5	0,25	8,4
1–3	5,3	1	8,2
3–7	3,2	5	4,8
7–9	2,2		
9–13	1,6	10	2,5
13–15	1,3		
15–18	1,2	15	1,6
Взрослые	1,0	Взрослые	1,0

Таблица 4

Доза на щитовидной железе при однократном поступлении в организм через дыхательные пути значительного количества йода-131, рассчитанная с помощью советской модели и моделей МКРЗ. *Большие порции радиоактивного йода поступали в организм через дыхательные пути через двое суток после выброса (измеренная активность -37 кБк)*

Модель СССР		Циклическая модель МКРЗ		Одиночная экспоненциальная модель МКРЗ	
Возрастная группа (лет)	Доза (мЗв)	Возрастная группа (лет)	Доза (мЗв)	Возрастная группа (лет)	Доза (мЗв)
1. Данные измерений через 1 день после вдыхания					
<1	630	0,25	900	0,25	590
1–3	440	1	860	1	410
3–7	270	5	480	5	270
7–9	190				
9–13	140	10	260	10	150
13–15	110				
15–18	100	15	160	15	110
Взрослые	80	Взрослые	100	Взрослые	80
2. Данные измерений через 6 дней после вдыхания					
<1	1 140	0,25	1 280	0,25	1 110
1–3	810	1	1 190	1	790
3–7	470	5	630	5	470
7–9	320				
9–13	220	10	310	10	240
13–15	180				
15–18	170	15	200	15	170
Взрослые	130	Взрослые	120	Взрослые	140
3. Данные измерений через 30 дней после вдыхания					
<1	18 000	0,25	34 000	0,25	27 000
1–3	12 000	1	22 000	1	14 000
3–7	6 400	5	8 600	5	6 500
7–9	3 900				
9–13	2 600	10	3 200	10	2 400
13–15	1 900				
15–18	1 700	15	1 900	15	1 700
Взрослые	1 200	Взрослые	1 100	Взрослые	1 300

Период эффективного полувыведения 4,6 дня для йода-131 в растительности приводится в [4], что соответствует 11 дням биологического полувыведения стабильного йода. Исследования переноса радионуклидов из пастбищного корма в молоко проводились в Великобритании после аварии на Чернобыльской АЭС [15]. Для пастбищного корма время полупериода удержания частиц на растительности составляет 14 дней, что соответствует периоду эффективного полувыведения йода-131, равного 5 дням. Эти результаты независимой оценки времени эффективного полувыведения йода-131 из растительности хорошо согласуются с величиной 4,6 дней, представленной советскими специалистами.

В исследовании [15], проведенном в Великобритании после аварии на Чернобыльской АЭС, сообщалось, что там, где коровы паслись на пастбище и поедали свежий корм, концентрации йода-131 в молоке достигали максимальных значений на четвертый день после осаждения радиоактивных веществ, а затем наблюдалось понижение концентраций с периодом полувыведения 5,6 дней. По расчетам это могло бы привести к получению через молоко доз, которые, если основываться на данных о первоначальном выпадении радиоактивных веществ в СССР, были бы на 20% выше, чем дозы, рассчитанные на основе официально принятой в СССР величины (4,6 дня). Однако, судя по фактическим измерениям на щитовидной железе, советский метод оценки дозы мог бы дать более высокие значения доз. Необходимо упомянуть еще об одном отчете, составленном в Великобритании [16], где предлагается период полувыведения йода-131 из молока, равный 4 дням. В целом же разные значения этого параметра хорошо согласуются между собой.

3.2.3.2. Сравнение доз, рассчитанных при помощи различных моделей

Для оценки обоснованности расчетов доз при помощи советского метода был проведен сравнительный анализ с использованием моделей, предложенных в публикации МКЗР № 56 [14], а именно: (а) циклической модели йодного обмена и (б) одиночной экспоненциальной функции, характеризующей скорость выведения йода из щитовидной железы в период между 2-м и 16-м днями после поступления радиоактивного вещества в организм.

Количество распадов йода-131 на мЗв для взрослого человека рассчитывалось по советской модели и по циклической модели МКРЗ с использованием их табличных значений. Для взрослого населения советская модель дает $5{,}9 \times 10^8$ распадов йода-131 на мЗв, а циклическая модель МКРЗ — $6{,}0 \times 10^8$ распадов йода-131 на мЗв, что составляет разницу в 2%, связанную, вероятно, с использованием табличных данных. Для более молодых возрастных групп данные, однако, согласуются в меньшей степени (см. табл. 3). Наибольшие расхождения в дозах на единицу поступившего в щитовидную железу йода имеются между возрастной группой 1–3 года (СССР) и возрастной группой 1 год (МКРЗ-56), а также между группой 9–13 лет (СССР) и возрастной группой 10 лет (МКРЗ).

Дозы рассчитывались на основе советской модели, циклической модели МКРЗ и одиночной экспоненциальной модели МКРЗ, исходя во всех случаях из того, что при измерении на щитовидной железе была получена интенсивность счета йода-131, эквивалентная 37 кБк (1 μКи), (см. табл. 4 и 5). При использовании одиночной экспоненциальной модели МКРЗ значения дозы d корректировались в соответствии с разными величинами коэффициента распада, которые применялись при расчетах. Для внесения поправок на дозу, полученную от других изотопов йода (исключая йод-131), для всех трех моделей использовался один и тот же советский коэффициент коррекции s.

Данные для всех четырех случаев измерений (см. табл. 4 и 5) в общем плане достаточно хорошо согласуются между собой по трем моделям. Самые значительные несовпадения в результатах измерений наблюдаются в случае попадания радионуклидов в организм детей младшего возраста через дыхательные пути при измерениях в первые два дня после их поступления в

Таблица 5

Доза на щитовидную железу при постоянном поступлении в организм йода-131 с пищей, рассчитанная на основе советской модели и циклической модели МКРЗ. ***Постоянное поступление в организм йода с пищей измерялось через 10 дней после его выпадения; поступление в организм прекратилось после измерения (измеренная активность -37 кБк)***

Модель СССР		Модель МКРЗ-56	
Возрастная группа (лет)	Доза (мЗв)	Возрастная группа (лет)	Доза (мЗв)
<1	850	0,25	1100
Взрослые	100	Взрослые	100

организм и через большие промежутки времени после их поступления. Эти расхождения связаны с различиями в величинах доз на единицу поступившей в организм радиоактивности, используемых в моделях, а также из-за разницы в значениях коэффициента распада при выведении йода из щитовидной железы. В первые два дня после поступления йода в организм эти расхождения увеличиваются в советской модели однократной экспоненциальной дозы, в которой не учитывается время, необходимое для накопления йода в щитовидной железе. Ошибки при расчете доз на основе измерений через значительное время после поступления йода увеличиваются вследствие использования различных величин коэффициента распада в различных моделях для отражения более коротких периодов эффективного полувыведения йода-131 у детей. Следует заметить также, что период эффективного полувыведения в модели с повторной циркуляцией йода меняется с течением времени после поступления радиоизотопа в организм. Важным моментом является то, что расчеты доз на основе измерений за время, превышающее 2 или 3 периода эффективного полувыведения с момента поступления йода в организм, являются очень приблизительными. Это замечание содержится в [4] применительно к оценке доз для групп населения, получивших облучение от радиоактивного йода-131 в молоке, но такое замечание нужно иметь в виду и для случаев поступления в организм йода через дыхательные пути.

В заключение необходимо отметить, что положения, используемые в [4], и величины доз, рассчитанные на основе изложенных там методик, хорошо согласуются с данными в опубликованной литературе и величинами доз, рассчитанными по моделям в публикации МКРЗ № 56 [14]. Максимальные расхождения в данных относятся к детям младшего возраста, прошедшим обследование через два дня или более продолжительные периоды после поступления радионуклидов в организм через дыхательные пути. Расхождения в оценках доз по измерениям, выполненным в первые два дня после поступления радиоактивности в организм, можно легко откорректировать, выбирая значения $C(\tau,t)$ из таблицы. Можно также порекомендовать изменять величины d (доза на единицу радиоактивности), чтобы не было расхождений с последними рекомендациями МКРЗ, изложенными в публикации № 56 для различных возрастных групп. Однако, имеющиеся на настоящий момент величины необходимо сохранить, если они более точно отражают биокинетические процессы обмена йода в организме людей, подвергаемых обследованию.

Метод расчета эквивалентной дозы на щитовидную железу по измерениям концентрации активности йода-131 в молоке выглядит правильным. Однако, такой метод расчетов менее точен по сравнению с непосредственным измерением доз, поскольку в нем требуется большее количество допущений, например, суточное потребление молока.

Некоторые положения советской методологии в [4] излагаются не всегда ясно и не соответствуют определениям, характеризующим те или иные параметры и коэффициенты, которые использовались в расчетах. Убедительным примером этого может служить то, что в основном тексте определение коэффицента f совсем не сформулировано, зато приводится дважды, и к тому же поразному [4].

Если целью [4] является стандартизация расчета доз облучения на щитовидной железе от радиоизотопов йода для различных групп населения, то следовало бы дать дополнительную информацию о методах калибровки приборов перед их использованием. Для неспециалистов было бы целесообразным дать больше информации о характеристиках упоминаемых приборов, тогда потребовалось бы меньше данных, приведенных в таблицах.

В [4] по расчету доз проблемы неопределенности вообще не рассматриваются. Однако утверждается, что неопределенность в оценке доз населения на основании измерений, проведенных в УССР, характеризуется коэффициентом менее 2 [11]. Для БССР, как утверждают советские специалисты, этот же параметр определяется коэффициентом близким к 2, а для жителей одного и того же района, принадлежащих к одной возрастной группе, распределение доз происходит по нормальной логарифмической функции с геометрическим стандартным отклонением в пределах от 2,8 до 3,7 [12].

4. Исходные данные и зарегистрированные дозы облучения для отдельных населенных пунктов в БССР, РСФСР и УССР

Международные эксперты обратились с просьбой предоставить в их распоряжение исходные данные для отдельных населенных пунктов, а именно: Народичи и Полесское в УССР, Брагин, Корма и Веприн в БССР и Новозыбков и Злынка в РСФСР. Эти данные требовались в качестве основы для получения независимых оценок доз.

4.1. Источники данных

Институт биофизики в Москве собрал данные и рассчитал дозы для жителей каждого населенного пункта, подвергшегося загрязнению в результате аварии на Чернобыльской АЭС, при помощи методики, названной "СДАЧА"; при этом расчеты доз облучения производились на основе следующих параметров:

- Численность всего населения и детей в отдельности и дата эвакуации детей, если это имело место.
- Мощность дозы гамма-излучения.
- Выпадение цезия-137 на почву.
- Выпадение стронция-90 на почву.
- Концентрация цезия-137 в молоке.
- Внешняя, внутренняя и ожидаемая дозы.
- Данные обследования при помощи установки СИЧ.
- Дозы облучения щитовидной железы у детей и взрослых.
- Дата включения района в зону жесткого контроля (>15 Ки/км^2).

Ряд институтов БССР, РСФСР и УССР предоставил в распоряжение международных экспертов дополнительные данные и информацию. База данных, полученная с помощью системы "СДАЧА" и других источников, приводится в Приложении 2. Использование этой базы данных затрудняется по нескольким причинам.

Результаты измерения доз облучения в сводном отчете зачастую представлены какой-то одной цифрой без упоминания связанного с ней фактора неопределенности или изменчивости. Без наличия такого указания приведенное одиночное значение дозы можно рассматривать лишь как среднее (арифметическое) значение. Кроме того, время от времени наблюдались трудно объяснимые случаи несоответствия между результатами, полученными в различные годы или разными лабораториями; сообщалось, например, что средние значения плотности выпадения цезия-137 в г. Брагине за 1986, 1987, 1988 и 1989 гг. составляют соответственно 1700, 1000, 270 и 1000 кБк/км^2. Другие примеры показывают, что средние значения концентрации цезия-137 в молоке в 1988 году в Веприне тремя разными организациями даются как 1300, 1700 и 590 Бк/л; ожидаемые дозы внутреннего облучения от радиоизотопов цезия в Народичах за период с 1990 по 2060 год оцениваются как 173 мЗв в 1988 году и 555 мЗв в 1989 году. [*В марте 1991 г. международным экспертам сообщили об ошибке в базе данных по Народичам.*]

Независимые результаты измерений радиации в окружающей среде и концентраций радионуклидов цезия в организме людей проводились группами международных экспертов в течение 1990 г. как часть программы такой оценки. Более подробная информация по результатам измерений в окружающей среде (внешнему облучению и концентрациям радионуклидов в воздухе, почве, продуктах питания и т. д.) представлена в Части Г. В некоторых случаях значения плотности выпадения радионуклидов, приведенные в Приложении 2, несколько отличаются от значений того же самого параметра, представленных в Части Е. Из-за параллельного графика работ групп экспертов тем из них, кто занимался вопросами оценки доз, приходилось пользоваться значениями параметров, предоставленных официальными советскими источниками. В целом, выводы экспертов по обоснованности результатов измерений в окружающей среде указывают на адекватность предоставленных советской стороной данных; вот почему при расчетах, приведенных в этой Части, использовались именно эти значения.

Методы расчетов и подробные результаты измерений облучения на установках СИЧ и с помощью индивидуальных дозиметров, проведенных группами международных экспертов, представлены в Приложениях 3 и 4. При оценке ожидаемых доз результаты таких независимых измерений также принимались в расчет.

4.2. Проверка расчетов доз, сделанных советскими специалистами

4.2.1. Выпадение радионуклидов цезия-137 и стронция-90

Плотности выпадения радионуклидов цезия-137 и стронция-90 для каждого из обследованных

Таблица 6

Сравнительная оценка плотностей выпадения стронция-90 и цезия-137

Населенный пункт	Плотность выпадения (кБк/м^2)		Соотношение $^{90}Sr/^{137}Cs$
	^{137}Cs	^{90}Sr	
Брагин	1000	78	0,078
Народичи	630	34	0,054
Полесское	910	48	0,053
Злынка	990	26	0,026
Веприн	1200	21	0,017
Новозыбков	600	9,3	0,016
Корма	670	7,4	0,011

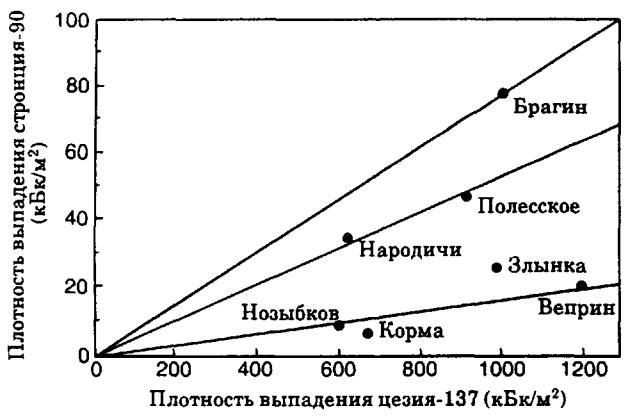


Рис. 1. Отношение содержания стронция-90 к цезию-137 в выпавших радионуклидах

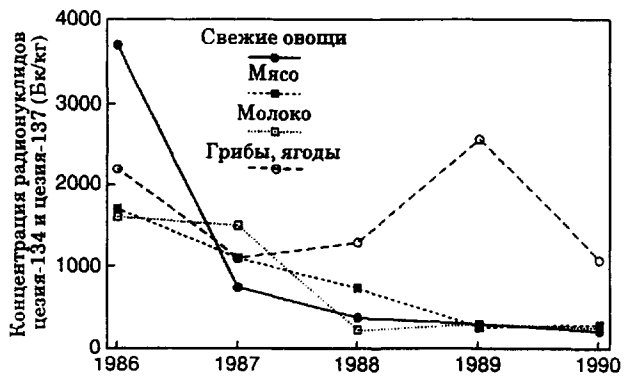


Рис. 2. Концентрация цезия-137 в продуктах питания (г. Брагин, БССР)

населенных пунктов приводятся в табл. 6 (эти данные предоставлены Государственным Комитетом по гидрометеорологии [17]). Плотности выпадения цезия-137 в этих населенных пунктах находятся в пределах от 600 до 1200 кБк/м^2 (т. е. 16-33 Ки/км^2, поскольку 1 Ки/км^2 соответствует 37 кБк/м^2). Плотность выпадения стронция-90, по-видимому, меняется в зависимости от плотности выпадения цезия-137 (см. табл. 6 и рис.1). Эти населенные пункты образуют три группы, в первую из которых входит г. Брагин, где плотность выпадения стронция-90 по отношению к цезию-137 составляет 8%; ко второй группе относятся населенные пункты в УССР (Народичи и Полесское) с плотностью выпадения стронция 5% по отношению к цезию, а к третьей группе можно отнести остальные населенные пункты, где это значение примерно равно 2%. Все указанные группы населенных пунктов в географическом отношении расположены по-разному: Брагин — к северу от ЧАЭС, Народичи и Полесское — к западу, а остальные населенные пункты находятся в северо-восточном направлении в наиболее удаленных от реактора местах.

4.2.2. Цезий-137 в рационе питания

Полученные от советской стороны данные о концентрации цезия-137 в продуктах питания и объемах их потребления оказались недостаточными. Хотя на основании этих данных и можно сделать некоторые оценки о поступлении в организм цезия-137, но соответствие этих оценок ожидаемым дозам выглядит неубедительным. Причина этого кроется в осуществлении программы ограничительных мер. В сильно загрязненных радионуклидами районах продукты питания местного производства в пищу не употребляются (по крайней мере по официальным данным), а чистые продукты завозятся извне. Существуют также и проблемы более общего характера, которые имеют отношение к оценкам фактических объемов радионуклидов в рационе питания. Снижение радиоактивности в продуктах питания при их переработке и приготовлении, а также ввоз продуктов из других регионов обычно приводит к существенному сокращению поступления радионуклидов в организм. Поэтому там, где это можно сделать, гораздо надежнее проводить расчеты доз путем измерения цезия-137 в организме с помощью установки СИЧ.

Общая картина о концентрации цезия-137 в продуктах питания приведена на рис.2 на основании полученных из Брагина данных (см. Приложение 2, табл. 2-1). В 1986 г. самая высокая

Таблица 7

Поступление в организм цезия-137 с пищей у жителей г. Брагина (БССР) в 1989-1990 гг

Продукт питания	Суточное потребление (г/д)	Концентрация (Бк/кг)			Поступление (Бк/д)		
		Варианты			Варианты		
		1	2	3	1	2	3
Молоко	735	260	150	30	190	110	22
Хлеб (пшен.)	220	10	10	10	2	2	2
Хлеб (ржан.)	350	10	10	10	4	4	4
Картофель	540	370	70	70	200	38	38
Овощи	190	220	220	220	42	42	42
Фрукты	160	330	330	330	53	53	53
Грибы	6	1100	1100	1100	7	7	7
Мясо	150	300	300	150	45	45	23
Рыба	46	220	220	220	10	10	10
Всего (округленно)					550	310	200

Таблица 8

Обзор исходных данных и выполненная советскими специалистами оценка доз по отобранным населенным пуктам.

Примечание: Доза от стронция-90 — это эквивалент дозы, получаемый красным костным мозгом, но по принятым в СССР нормам эта доза должна быть прибавлена к суммарной дозе всего тела человека

Населенный пункт	Исходные данные					Доза (мЗв)						
	Плотность выпадения (кБк/м^2)		Концентрация ^{131}Cs в молоке (Бк/л)			1986–1989 (с 0 до 4 лет)			1990–2056 (с 4 до 70 лет)			Всего
	^{137}Cs	^{90}Sr	Сред. зн.	90%	Макс.	Внешн.	Внутр.	Всего	Внешн.	^{137}Cs	^{90}Sr	
Брагин	1000	78	210[а]		380	70	14	84	86	60	38	268
Корма	670	7,4	190[а]		740	29	9,0	38	58	48	5,0	148
Веприн	1200	21	1300[б]	1700[б]		53	16	69	104	176	19	369
Народичи	630	34	3700[в]		9600			53	55	555[д]	18	681
Полесское	910	48	570[а]	810				77	79	223	24	403
Новозыбков	600	9,3	520[г]					34	52	57	6,3	149
Злынка	990	26	440[б]	3000[б]				56	86	85	14	241

[а] Значение для 1989 г.

[б] Значение для 1988 г.

[в] В марта 1991 г. советские ученые сообщили, что эта величина выдана системой "СДАЧА" неверно; это значение должно было бы составить 700 Бк/л.

[г] Среднегодовая концентрация за 1989 г. для Новозыбковского района.

[д] Значение недействительного из-за ошибок в отчетности.

концентрация цезия-137 отмечались в зеленных овощах, которая составила 3700 Бк/кг (100 нКи/кг), а в молоке и мясе — 1670 Бк/кг (45 нКи/кг), снизившись к 1989 г. до значения менее 370 Бк/кг (10 нКи/кг). Значительные концентрации цезия-137 в грибах и ягодах все еще находятся в пределах от 1100 до 1500 Бк/кг (30–40 нКи/кг). Но эти данные характеризуют среднегодовые значения концентрации, поэтому можно предполагать наличие более высоких экстремальных значений.

Основываясь на объемах потребления продуктов питания в сельской местности БССР и примерной концентрации цезия-137 в пище (г.Брагин), в табл. 7 приводится альтернативная оценка поступления цезия-137 в организм с пищей. Судя по представленным советской стороной данным, суточное поступление в организм цезия определяется активностью 550 Бк/д (см. табл. 7, вариант 1). В представленном перечне продуктов питания не было возможности получить значения концентрации цезия-137 в хлебе, поэтому в таблице использовались данные о хлебе, взятом из магазинов г. Новозыбкова.

Для других населенных пунктов (например, Корма) концентрации цезия-137 в молоке и корнеплодах оказались в 2 раза ниже. Данные по 10 молочным фермам Новозыбковского района показывают, что концентрация цезия-137 в молоке местного производства за 1989 г. составила 150 Бк/кг (4,1 нКи/кг), а в картофеле, полученном в 1988 и 1989 гг., такие концентрации определялись соответственно значениями 96 и 41 Бк/кг (2,6 и 1,1 нКи/кг). Сообщается также, что концентрации цезия-137 в продуктах питания, реализуемых через магазины (в Брянской области), значительно ниже и составили в 1989 году, например, для молока 30 Бк/кг (0,8 нКи/кг), а для мяса — от 110 до 150 Бк/кг (3–4 нКи/кг).

Эта информация использовалась для получения альтернативных оценок поступления в организм цезия-137 и приводится в табл. 7 в виде варианта 2 для условий сниженных концентраций в молоке и картофеле, а вариант 3 характеризует условия для еще более сниженных концентраций цезия-137 в молоке и небольших значениях активности в мясе. Полученные оценки свидетельствуют, что поступление в организм цезия находится в пределах от 550 до 200 Бк/д (или от 15 до 5,5 нКи/д).

4.2.3. Оценка доз

Оценка доз внешнего и внутреннего облучения радионуклидами стронция-90 и йода-131, наряду с исходными данными (плотностями выпадения радионуклидов, концентрациями в молоке и т. д.), полученные советскими специалистами, представлена в Приложении 2. Оценка доз производилась главным образом на основе исходных данных и использовании официально принятой методологии, с которой международные эксперты были ознакомлены. В ходе независимой экспертизы иностранным специалистам не представилась возможность наглядно увидеть фактическое применение советской методологии по оценке доз. Из-за наличия в официально принятой методологии некоторой двусмысленности было решено предпринять попытку повторного восстановления доз для специально отобранных населенных пунктов, используя для этого исходные данные из Приложения 2 и наше понимание официально принятой методологии. Поскольку исходные данные и произведенные оценки доз в Приложении 2 отличаются в ту или иную сторону в зависимости от отчетной организации и года составления таких данных, то в этом случае потребовалось выбрать одну отчетную организацию и какой-то конкретный год. Для повторного восстановления доз использовались данные из системы "СДАЧА", которая, как считалось, обладает наилучшим объемом информации, и 1989 год как самый последний год с результатами отчетных измерений. Вся информация, отобранная для 7 населенных пунктов, приводится в табл. 8. Уже после завершения работ по независимой оценке группа экспертов получила более свежие данные о плотностях выпадения радионуклидов, поэтому приведенные в табл. 8 значения несколько отличаются от данных, приведенных для тех же населенных пунктов в Части Г.

4.2.3.1. Внешние дозы облучения

Представляется, что сообщенные значения внешних доз облучения за период с 1986 по 1989 г. оценивались как $K\sigma_{137}$, где K — коэффициент, величина которого изменяется в зависимости от района [2], а σ_{137} — плотность выпадения цезия-137 в рассматриваемом населенном пункте. Однако, расчет доз в материалах программы "СДАЧА" показан только для населенных пунктов Брагин, Корма и Веприн. Прогнозируемые дозы внешнего облучения на период 1990–2060 гг. составляют 0,32 σ_{137}. Этот показатель является общим для всех населенных пунктов.

4.2.3.2. Дозы внутреннего облучения

Прогнозируемые дозы облучения от стронция-90 за период с 1990 по 2060 годы рассчитыва-

лись, вероятно, по формуле 0,2 + 1,7 σ_{90}, а не просто как 1,7 σ_{90}, как указано в методологии. Исключение составляет расчет доз для населенного пункта Веприн, где доза облучения от стронция-90 определялась приближенно по формуле 1,2 + 1,7 σ_{90}.

Прогнозируемые дозы облучения от цезия за 1990–2056 гг. связаны, видимо, с концентрацией цезия-137 в молоке в 1989 г. и определяются по формуле 2,1(0,017 q_m + 0,1), где q_m выражено в нКи/л. Однако концентрации радионуклидов цезия в молоке по данным, полученным для семи рассматриваемых населенных пунктов, представлялись в отчетах в самой различной форме:

— для населенных пунктов Брагин, Корма и Народичи — в виде среднегодового и максимального значений за 1989 г.;
— по г. Полесское — как среднее значение концентрации за 1989 год и 90-процентный квантиль распределения;
— по Новозыбкову — как среднее значение концентрации по району за 1989 год;
— по Веприну и Злынке — в виде среднего значения концентрации за 1988 год и 90-процентный квантиль распределения.

Расчеты доз, представленные в материалах программы "СДАЧА", сравнивались с результатами, полученными с помощью приведенного выше уравнения при условии, что q_m — либо 90-процентный квантиль распределения (или максимальное значение концентрации), либо среднее значение концентрации. Значительная часть результатов, полученных при помощи уравнения, в ряде случаев отличается от расчетных доз в 3 раза. Причины такого рода расхождений выяснить не удалось.

Дозы внутреннего облучения от радионуклидов цезия за 1986–1989 гг. основываются на результатах измерений. Расчеты таких доз были представлены в материалах программы "СДАЧА" только для населенных пунктов Брагин, Корма и Веприн. Годовые дозы, рассчитанные на основании измерений дозовой нагрузки на все тело, также представлены в материалах программы "СДАЧА" для этих трех населенных пунктов по трем возрастным категориям (дети, подростки и взрослые); кроме того, была представлена информация по распределению индивидуальной дозы за 1986 и 1987 годы. На основании этих данных и, исходя из предположения, что за годы, когда отсутствовали отчетные данные, годовые дозы от внутреннего облучения радионуклидами цезия характеризуются соотношением 6:2:1,4:1, соответствующим 1986, 1987, 1988 и 1989 гг., можно сделать вывод о том, что дозы внутреннего облучения за указанный период времени, очевидно, рассчитывались путем добавления величины 90-процентного квантиля распределения годовой дозы для взрослых. Дозы за 1986–1989 гг., полученные при таком методе расчета, отличаются примерно в 2 раза от данных, представленных в материалах программы "СДАЧА". Фактический метод расчета остался неясным, как и то, вносился или нет вклад радионуклидов стронция и других радионуклидов в дозы облучения за 1986–1989 гг.

4.2.3.3. Дозы облучения щитовидной железы

Важно отметить, что обобщенные сведения в рамках программы "СДАЧА" не включают в себя исходные данные по радиоактивнму йоду, которые позволили бы провести проверку правильности расчета дозы облучения щитовидной железы. Международным экспертам сообщили о некоторых сложностях, связанных с измерениями дозы на щитовидной железе и о намерениях советской стороны восстановить расчеты доз, накопленных щитовидной железой. В Украинской ССР, а также в Белорусской ССР и РСФСР основное внимание было сосредоточено на измерениях облучения щитовидной железы. Результаты измерений на щитовидной железе, которые производились разными типами измерительных приборов или недостаточно опытными специалистами, в настоящий момент проходят повторную оценку. Главная задача — это убедиться в правильном использовании измерительной аппаратуры и надлежащем подборе соответствующих параметров детектора. Задачи второй очереди включают в себя более точное определение воздействия радиоактивности короткоживущих радионуклидов в организме человека, тип метода измерения и морфологические особенности обследуемого пациента.

Для каждого обследованного лица, как правило, имеется лишь один результат измерения облучения щитовидной железы. Для расчета дозы на щитовидной железе на основании только одного измерения необходимо принимать во внимание меняющиеся по времени условия поступления радиоактивного йода в организм, которые можно оценить на основании измерений содержания радиоактивного йода в окружающей среде и данных о поглощении йода отдельными лицами. Экспертам не удалось установить качественных показателей измерений концентраций радиоактивного йода в приземном слое воздуха, в почве, траве, молоке, зеленых овощах и т. п. в населенных пунктах, подвергнутых проверке.

Весьма вероятно, что измерения концентраций радиоактивного йода в большинстве населенных пунктов не проводились или же результаты такого рода измерений еще не оценивались.

Информация [11], полученная от Украинской ССР, свидетельствует о том, что воссоздание доз облучения щитовидной железы для лиц, прошедших подобное обследование, будет выполняться в три этапа:

— предполагают, что в ходе первого этапа поступление в организм йода-131 происходило в первый день после аварии и характеризовалось острой формой (гипотеза об "одноразовом поступлении");
— на втором этапе производится общий анализ образа жизни обследуемых людей; при этом в большинстве случаев делается предположение о том, что накопленная в организме доза вызвана главным образом поступлением радиоактивного йода с принимаемой пищей, и расчет дозы производится в соответствии с этим предположением (гипотеза о "многократном поступлении");
— на третьем этапе производится анализ анкеты, содержащей вопросы к каждому лицу об условиях жизни, рационе питания и случаях приема таблеток йодистого калия для внесения последующих поправок в расчетные дозы облучения щитовидной железы. На эту работу может уйти от 2 до 5 лет.

Воссоздание дозы облучения щитовидной железы для лиц, у которых измерения на щитовидной железе не проводились, предусматривается только с целью оценки коллективных доз и для расчета дозы облучения щитовидной железы у лиц с заболеваниями этого органа. Такое восстановление дозы в Украинской ССР будет основываться на имеющихся данных о концентрации йода-131 в молоке или мощности дозы гамма-излучения в воздухе в мае 1986 г. Следует отметить отсутствие исходных данных по расчету дозы облучения щитовидной железы йодом-131. Расчеты дозы облучения щитовидной железы в БССР [12] и РСФСР [13] ведутся в настоящее время практически по тем же самым этапам и принципам.

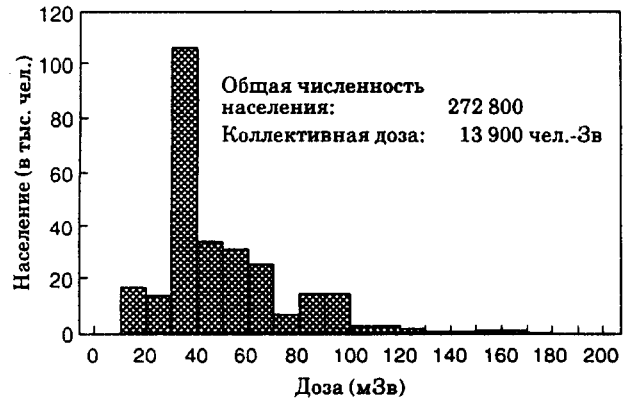


Рис. 3. Распределение доз за период с 1986 по 1989 гг. по оценкам советских коммпетентных органов для населения, проживающего в зонах постоянного и строгого контроля (где выпадение цезия-137 составляет >550 кБк/м^2) [18]

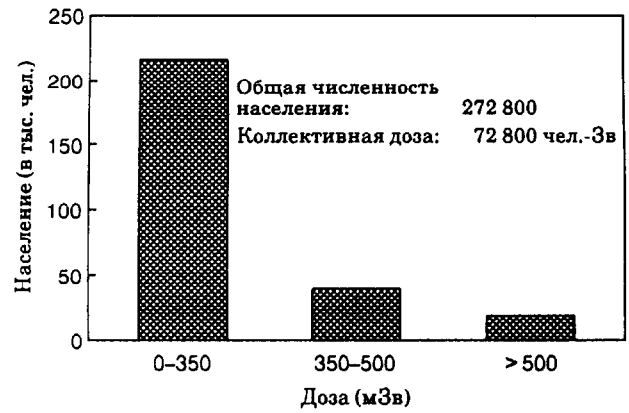


Рис. 4. Распределение доз в течение жизни по данным советских коммпетентных органов для населения, проживающего в зонах постоянного и строгого контроля (где выпадение цезия-137 составляет >550 кБк/м^2) [18]

4.3. Данные независимых экспертов

Для определения содержания радионуклида цезия-131 в организме человека в ходе исследования, проведенного группами международных экспертов, было обследовано 9058 человек в 9 населенных пунктах. Полученная информация служит важной основой для обоснования любой расчетной дозы, независимо от того, проводился ли такой расчет советскими специалистами или международными экспертами.

Кроме того, жителям населенных пунктов раздали индивидуальные пленочные дозиметры. Результаты измерений при помощи дозиметров почти во всех случаях были "ниже предела

чувствительности'' и оказались бесполезны; они, однако, могли использоваться для подтверждения того факта, что мощность дозы внешнего облучения не превышала 10 мР/мес.

Результаты независимых измерений внешних и внутренних доз в выбранных для обследования населенных пунктах представлены в Приложении 3. В ходе настоящего исследования международные эксперты также провели взаимное сравнение эффективности работы установок СИЧ. Результаты выполнения этого мероприятия излагаются в Приложении 4.

4.4. Коллективные дозы

Результаты расчетов коллективной дозы группой международных экспертов не проверялись. Однако коллективную дозу можно легко вычислить путем умножения средних значений доз в каком-то районе на число его жителей, а затем суммировать результаты по всем районам. Оценки советских специалистов для населения, получившего различные дозы облучения в период с 1986 по 1990 гг. приведены на рис. 3, а в период с 1986 по 2056 гг. — на рис. 4 .

5. Оценка ожидаемой дозы

Оценка ожидаемой дозы осуществлялась одновременно двумя способами: (1) путем *непосредственного* измерения внешней и внутренней доз облучения и (2) путем тщательного расчета дозы. Населенные пункты, отобранные для тщательного расчета дозы, находятся в районах с относительно высоким уровнем загрязнения цезием-137 с плотностью >550 кБк/м^2 (т. е. >15 Ки/км^2). В Белорусской ССР к ним относятся Брагин, Корма и Веприн, в Украинской ССР это Полесское и Народичи, а в РСФСР — Новозыбков и Злынка. Группы медицинских экспертов посетили все указанные населенные пункты (см. Часть Е), а группы по оценке окружающей среды посетили три из них (см. Часть Г). Измерения внешней и внутренней доз проводились во всех упомянутых выше населенных пунктах за исключением Народичей. Вместо него был проверен населенный пункт Овруч. Помимо этого, измерения внутренней дозы облучения проводились в населенных пунктах Далета и Ракитное. Было известно, что эти два сельских населенных пункта и Овруч, находящиеся на территории УССР, характеризуются более высокими коэффициентами переноса радиоактивности из почвы в растения.

Методика независимых измерений внешней дозы облучения и содержания цезия-137 во всем теле подробно излагается в Приложении 3. Результаты таких измерений соответствующим образом рассматриваются при расчетах доз, представленных в настоящей главе. Для оценки доз в выбранных населенных пунктах было получено достаточное количество исходных данных. Тем не менее, для тщательного расчета доз облучения населения база данных оказалась недостаточной. Регулярные записи данных измерений мощностей внешней дозы облучения получить не удалось. Данные о концентрации радионуклидов в продуктах питания недостаточно полны, в особенности те из них, где приводятся фактические поступления активности в организм с пищей. Однако дозы внутреннего облучения от цезия-137 в первый период после аварии можно оценивать на основе имеющихся данных измерений на установке СИЧ.

Оценка дозы производилась методом сравнительного анализа, при котором данные независимых расчетов сравнивались с результатами, представленными советскими специалистами; речь идет о периоде 0–4 года (с 26 апреля 1986 г. до конца 1989 г.) и о периоде от 4 до 70 лет (с 1990 по 2056 гг.). К основным радионуклидам, вносящим вклад в дозу, относятся цезий-137, стронций-90 и йод-131. База данных по цезию-137 характеризуется хорошо подобранной информацией о выпадении этого радионуклида, его концентрации в продуктах питания и содержании в организме. Данные по стронцию-90 позволяют дать лишь приблизительные оценки будущих доз, основываясь при этом на количестве выпавшего радионуклида. Такие оценки нельзя проверить на основе результатов измерений на установке СИЧ и концентрации активности в продуктах питания. Ранее указывалось на отсутствие информации о концентрациях йода-131 в окружающей среде или в организме людей; дозы облучения щитовидной железы можно оценить лишь косвенно, используя в качестве справочных данных сведения по цезию-137. Отсутствуют данные и для оценки доз от других радионуклидов, включая плутоний-239.

Независимые расчеты доз выполнялись с использованием: (а) методологии НКДАР ООН по оценке радиационного облучения от радионуклидов, выброшенных в окружающую среду, и

(б) компьютерных программ, разработанных для этой же цели Центром исследований ядерной энергии в Бельгии (далее в тексте Доклада называемый Центр в Моле), Обществом по радиационной защите и охране окружающей среды в Германии (GSF) и Национальным советом по радиологической защите в Великобритании (NRPB). Где необходимо, оценки доз, полученные с использованием всех четырех методологий, приведены в настоящем докладе, однако предпочтение отдавалось методологии НКДАР ООН в качестве контрольного критерия, с которым сравнивались другие методологии. Вызвано это тем, что: (а) модели НКДАР ООН пересматривались международным комитетом экспертов и знакомы многим специалистам, (б) эти модели относительно просты и удобны в применении и (в) условия и уравнения, используемые в этих моделях, подробно представлены в работах [6, 19], известных во всем мире.

При оценках дозы, проведенных Центром в Моле, в GSF и NRPB, не было стремления добиться единообразия входных данных для моделей. Каждая организация выводила собственные величины параметров. Различия в оценках возникали из-за следующих причин:

— выбор величин плотности выпадения из имеющихся справочных данных;
— различные величины коэффициентов защитных свойств зданий и сооружений и условий пребывания в них людей на основе данных, предоставленных группе международных экспертов;
— выбор коэффициентов переноса активности из почвы в продукты питания;
— оценка количества потребляемых продуктов питания, сделанная на основе представленной группе экспертов информации;
— решения о целесообразности введения ограничительных мер на продукты питания.

Таким образом, неудивительно, что оценки доз различны. В данном разделе оценки доз, полученные другими лабораториями (Центром в Моле, GSF, NRPB), сравниваются со значениями, предложенными НКДАР ООН путем нормализации величин относительно плотности выпадения радионуклидов.

5.1. Доза внешнего облучения

В течение первого года после аварии мощность дозы облучения в воздухе значительно снизилась вследствие распада короткоживущих радионуклидов. Поэтому основной вклад в мощность дозы облучения вносят радионуклиды цезия-134 и цезия-137. Частичная миграция цезия в почву с течением времени еще более понизит мощность дозы облучения. Существует общее предположение о том, что начальное поверхностное загрязнение начинает распределяться в почве по глубине с длиной релаксации 1 см в течение первого года после аварии и 3 см в дальнейшем [19].

Теоретическая мощность дозы облучения в воздухе на высоте 1 м от земли для поверхностно распределенного источника излучения составляет 0,3 μР/ч на кБк/м^2 (11 μР/ч на Ки/км^2) для цезия-137 и 0,80 μР/ч на кБк/м^2 (29 μР/ч на Ки/км^2) для цезия-134 [20]. Сообщалось, что отношение плотности выпадения цезий-134/цезий-137 составило 0,15 в 1990 г. Поэтому предполагаемая мощность дозы в воздухе при распределении источника излучения по плоскости составляет 0,4 μР/ч на каждый кБк/м^2 (15 μР/ч на каждый Ки/км^2) выпавшего цезия-137.

Снижение мощности дозы облучения при распределении цезия-137 и цезия-134 в почве по глубине в зависимости от поверхностного распределения характеризуется следующими данными: при длине релаксации 1 см — в 0,6 раза, а при длине релаксации 3 см — в 0,4 раза [20]. Данные по мощности дозы облучения для выбранных населенных пунктов приводятся в табл. 9. В последней колонке эти значения сравниваются с ожидаемыми значениями поверхностного распределения; эти значения показывают, что в настоящее время длина релаксации, видимо, составляет 3 см.

Коэффициенты дозы при оценке величин мощности поглощенной дозы в воздухе и эффективных эквивалентных доз для конкретных периодов времени можно вывести, основываясь на принципах, изложенных, например, в справочных материалах (см. [6, 16]). Значения доз от основных радионуклидов, выброшенных в окружающую среду в результате аварии на Чернобыльской АЭС, приведены в табл. 10. В методологии НКДАР ООН распределение радионуклидов по глубине за первый год после аварии рассматривается с длиной релаксации 1 см, а в последующие годы — 3 см. Эти значения выводятся для временных периодов с 0 до 4-х лет и с 4 до 70 лет.

Эти коэффициенты могут быть преобразованы в один коэффициент переноса после выпадения цезия-137; для этого используются общепринятые и зарегистрированные соотношения цезия-137 и других радионуклидов в окружающей среде после аварии на Чернобыльской АЭС [6]. Дополнительный вклад в дозу от короткоживущих радионуклидов (с периодом полураспада менее

30 дней) происходит в начальный период после выпадения радиоактивности, поэтому величина такого вклада учитывалась при расчете дозы.

При расчете внешней дозы облучения необходимо принимать во внимание время пребывания людей в помещениях и защитные свойства зданий и сооружений. Эти показатели рассчитывались эмпирическим путем советскими специалистами для различных групп населения с использованием дозиметров ЛТД. Полученные значения находятся в пределах от 0,36 до 0,86, причем наименьшие значения наблюдаются у детей и всего населения в целом, а более высокие значения характерны для сельскохозяйственных рабочих и работников лесного хозяйства. Дополнительная информация показывает, что эти коэф-

Таблица 9

Мощности дозы облучения в отобранных населенных пунктах за период с 1989 по 1990 гг
[1 Р = 258 μКл/кг]

Населенный пункт	Плотность выпадения ^{137}Cs (кБк/м^2)	Мощность дозы (μР/ч)	Нормализованное соотношение мощности дозы[а]
Брагин	1000	150[б]	0,38
Корма	670		
Веприн	1200	170[б]	0,35
Народичи	630		
Полесское	910	150	0,41
Новозыбков	600	94	0,39
Злынка	990	185[б]	0,47

[а] Соотношение нормализованной мощности дозы облучения (μР/ч на кБк/м^2) и нормализованной мощности дозы облучения для источника на плоскости (0,4 .μР/ч на кБк/м^2)

[б] Расчет сделан по данным 1987 г.

Таблица 10

Производные значения коэффициента переноса для оценки доз внешнего облучения вне помещений от всех радионуклидов, основанные на величинах плотности выпадения цезия-137

Радионуклиды	Коэффициент дозы (μЗв на кБк/м^2)		Начальная плотность выпадения относительно ^{137}Cs	Коэффициент переноса относительного выпадения ^{137}Cs (μЗв на кБк/м^2)	
	0–4 года	4–70 лет		0–4 года	4–70 лет
Короткоживущие				15[а]	
Ru-103	0,69		1,6	1,1	
Ru-106	3,7		0,5	1,9	
I-131	0,02		6,2	0,1	
Cs-134	43	13	0,5	22	6,6
Cs-137	23	190	1,0	26	190
Всего (прибл.)				66	200

[а] Взято из литературы [6].

Таблица 11

Оценка суммарной внешней дозы на основе плотности выпадения цезия-137

Населенный пункт	Плотность выпадения ^{137}Cs (кБк/м^2)	Внешняя доза (мЗв)		
		0–4 года	4–70 лет	Всего (округл.)
Брагин	1000	26	80	110
Корма	670	18	54	72
Веприн	1200	32	96	130
Народичи	630	17	50	67
Полесское	910	24	73	97
Новозыбков	600	16	48	64
Злынка	990	26	79	110

Таблица 12

Средняя оценка внешних доз на единицу плотности выпадения цезия-137

Модель	Коэффициент защитных свойств зданий	Нормализованная эффективная доза (μЗв на кБк/м^2)		
		0–4 года	4–70 лет	Всего (округл.)
GSF	0,33	10	51	61
Mol	0,53	27	140	170
NRPB	0,51	21	59	80
UNSCEAR	0,4	26	80	110

фициенты примерно соответствуют значениям, принятым в методологии НКДАР ООН [19], а именно: 80% при нахождении в помещении и 20% для защитных свойств зданий. Суммарно они представляют собой коэффициент защитных свойств зданий и состоят из следующих составляющих: 0,2 × 1,0 при нахождении людей вне зданий и 0,8 × 0,2 при нахождении людей внутри помещений, что дает в сумме 0,36. В приведенных ниже расчетах для этого коэффициента дается приблизительное значение 0,4.

Таким образом, коэффициенты переноса, используемые для пересчета величины плотности выпадения цезия-137 на величину эффективной эквивалентной дозы, имеют следующие значения:

0–4 года: 66 μЗв на кБк/м^2 × 0,4 =
= 26 μЗв на кБк/м^2 (0,1 бэр на Ки/км^2);
4–70 лет: 200 μЗв на кБк/м^2 × 0,4 =
= 80 μЗв на кБк/м^2 (0,3 бэр на Ки/км^2).

Использование данных коэффициентов переноса с величинами плотности выпадения цезия-137 в выбранных для обследования населенных пунктах дает значения внешней дозы облучения, приведенные в табл. 11.

Расчетные дозы на единицу плотности выпадения цезия-137, которые определялись с помощью компьютерных программ, разработанных в исследовательских центрах в Моле, GSF и NRPB, сравниваются в табл. 12 с соответствующими значениями, которые получены по методо-

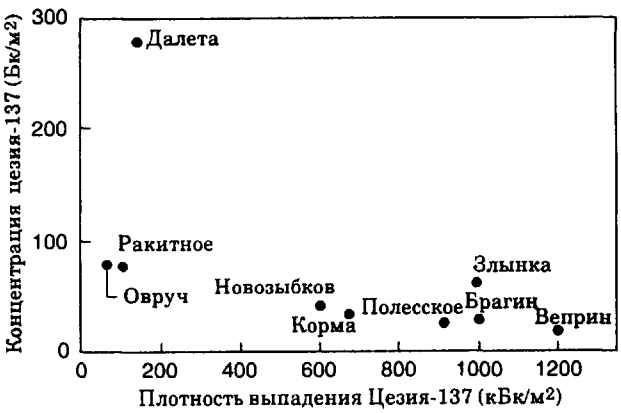


Рис. 5. Концентрации цезия-137 в организме, полученные путем измерений группой международных экспертов в 1990 г.

логии НКДАР ООН. Результаты расчетов по всем четырем методологиям достаточно хорошо согласуются между собой.

5.2. Доза внутреннего облучения

5.2.1. Внутренняя доза облучения от цезия-137

Для оценки полученной ранее внутренней дозы облучения необходимо исходить из результатов измерений на установке СИЧ. Расчеты, основанные на данных о переносе радионуклидов в окружающей среде, приведут к получению завышенных величин доз, особенно в тех случаях, когда приняты меры по замене продуктов питания и осуществление этих мер будет продолжено в будущем.

Результаты измерений содержания цезия-137 в организме в 1990 году приведены в табл. 3–4 Приложения 3. Средние значения показаны на рис. 5. В предыдущие годы измерения проводились только советскими специалистами, которые пришли к выводу, что уровни содержания цезия-137 в организме характеризуются следущим соотношением: 6:2:1,4:1 соответственно в 1986, 1987, 1988 и 1989 годах. Были рассчитаны уровни содержания радиоактивности в организме за первые 5 лет после аварии, исходя из предположения, что расхождения в данных за 1989 и 1990 гг. очень незначительны. Такие данные приведены в табл. 13.

Эффективная эквивалентная доза на единицу времени накопления цезия-137 в организме составляет 2,5 μЗв на Бк·г/кг [6]. Коэффициент коррекции дозы для цезия-134 выше в 1,4 раза. Можно предположить, что цезий-134 сохраняется в организме с тем же коэффициентом, что и в окружающей среде, который в 1986 г. составил величину 0,5. Принимая во внимание различный период полураспада радионуклидов, значения этого коэффициента в последующие годы составили: 0,37 в 1987 г., 0,27 в 1988 г., 0,19 в 1989 г. и 0,14 в 1990 г. Следовательно, коэффициенты коррекции дозы с учетом влияния от цезия-134 для 1 Бк/кг цезия-137, находящегося в организме в течение 1 года, составят: 3,2 μЗв в 1986 г. (с мая по декабрь), 3,8 μЗв в 1987 г., 3,4 μЗв в 1988 г. и 3,2 μЗв в 1989 году. На последующий период, с 1990 по 2056 гг., коэффициент коррекции дозы составит 86 μЗв на Бк/кг, если исходить из

Таблица 13

Концентрация цезия-137 в организме человека на основе измерений на установке СИЧ в 1990 г.[a]

Населенный пункт	Концентрация ^{137}Cs в организме (Бк/кг)				
	1986	1987	1988	1989	1990
Брагин	190	64	45	32	32
Корма	220	73	51	36	36
Веприн	150	48	34	24	24
Полесское	180	60	42	30	30
Новозыбков	260	87	61	43	43
Злынка	400	130	94	67	67

[a] Измерения проводились в 1990 г. группой международных экспертов; в таблице приведены средние значения концентраций. Значения концентраций в предшествующие годы воспроизводились исходя из отношения 6:2:1,4:1:1 соответственно для 1986, 1987, 1988, 1989 и 1990 гг.

Таблица 14

Расчет внутренней дозы облучения с использованием данных измерений на установке СИЧ[а]

Населенный пункт	Внутренняя доза (мЗв)		
	1986–1989	1990–2056	Всего (округленно)
Брагин	1,1	2,8	3,9
Корма	1,3	3,1	4,4
Веприн	0,8	2,1	2,8
Полесское	1,0	2,6	3,6
Новозыбков	1,5	3,7	5,2
Злынка	2,3	5,8	8,1

[а] Измерения, проведенные группой международных экспертов, использовались для воссоздания доз за период с 1986 по 1989 гг., а также для прогнозирования доз на период с 1990 по 2056 гг. Расчеты доз характеризуют присутствие в организме радионуклидов цезия-134 и цезия-137.

Таблица 15

Расчет внутренней дозы облучения от цезия-134 и цезия-137 с учетом коэффициентов переноса радионуклидов в окружающей среде через цепочку питания[а]

Населенный пункт	Плотность выпадения ^{137}Cs (кБк/м^2)	Внутренняя доза (мЗв)			Завышение оценки[б]
		0–4 года	4–70 лет	Всего	
Брагин	1000	54	22	76	20
Корма	670	36	15	51	10
Веприн	1200	65	26	91	30
Народичи	630	34	14	48	
Полесское	910	49	20	69	20
Новозыбков	600	32	13	45	9
Злынка	990	53	22	75	9

[а] Расчеты доз получены с использованием поправочных коэффициентов доз, выведенных НКДАР ООН для оценки доз населения, проживающего в северном полушарии.

[б] Относится к внутренней дозе, выведенной на основе измерений на установке СИЧ.

уровня содержания цезия-137 в организме в 1990 г. и допуская при этом, что в последующие годы эти уровни будут снижаться лишь за счет радиоактивного распада цезия-137 и цезия-134. Результаты оценки внутренней дозы облучения от цезия-137 приведены в табл. 14.

В качестве сравнения можно вычислить внутреннюю дозу, пользуясь при этом коэффициентом переноса цезия-137 в окружающей среде. Как показывают результаты расчетов, приведенные в табл. 7, поступление цезия-137 в организм с продуктами питания для населения г. Брагина в БССР за 1989–1990 гг. составляет величину порядка 200–550 Бк/д (т. е. от 5 до 15 нКи/д). Продолжительное поступление радионуклида в организм в таких количествах приведет к тому, что его равновесное содержание достигнет значения 26–78 кБк (0,7–2,1 μКи). Это означало бы получение завышенной оценки в 10 или большее число раз по сравнению с результатами измере-

Таблица 16

Сравнительная оценка прогнозируемых внутренних доз облучения от радионуклида цезия на единицу плотности выпадения цезия-137

Модель	Нормализованная эффективная доза за период 4–70 лет (μЗв на кБк/м^2)
GSF	25
Mol	54
NRPB	4
НКДАР ООН	22

ний на установках СИЧ в 1990 г. (табл. 13), которые соответствуют содержанию радиоактивности в организме в пределах 1,7–4,7 кБк для человека с массой тела 70 кг. Как это обычно бывает, расчет поступления радионуклида в организм с продуктами питания с учетом его концентрации в продуктах питания местного производства приведет к тому, что полученные величины во многих случаях значительно превысят фактические значения.

Расчет внутренней дозы облучения от цезия за длительные периоды времени можно сделать с использованием коэффициентов пересчета дозы для различных величин плотности выпадения цезия-137. Эти поправочные коэффициенты дозы или, иначе говоря, коэффициенты переноса, применяемые для пересчета плотности выпадения радионуклидов на дозу, были приняты в НКДАР ООН при оценке облучения населения северного полушария от аварии на Чернобыльской АЭС [6]. Они учитывают вклад в дозу от цезия-134, цезия-137 и йода-131 за первый год после аварии, а в последующие годы — только от цезия-134 и цезия-137. Прогнозируемое поведение цезия-137 в окружающей среде основывалось на опыте измерения осадков в глобальном масштабе. Поправочные коэффициенты дозы для регионов северного полушария с умеренным климатом составляют 44 μЗв на кБк/м^2 (или 0,16 бэр на Ки/км^2) за первый год после аварии и 32 μЗв на кБк/м^2 (или 0,12 бэр на Ки/км^2) во все последующие годы. Последняя цифра учитывает вклад в дозу от цезия-137 и цезия-134 соответственно как 20 и 12 μЗв на кБк/м^2. Принимая во внимание фактор радиоактивного распада, можно предположить, что в течение второго, третьего и четвертого годов после выпадения радионуклидов происходит перенос примерно 8% цезия-137 и 64% цезия-134. Фактические значения переносов за указанный период времени, возможно, несколько выше, а в последующие годы несколько ниже из-за миграции цезия в почву и его фиксации. Однако, при таком разделении значение долгосрочного переноса занижено не будет. Следовательно, требуемые значения поправочного коэффициента дозы составят 54 μЗв на кБк/м^2 (0,2 бэр на Ки/км^2) за период с 0 до 4-х лет и 22 μЗв на кБк/м^2 (0,08 бэр на Ки/км^2) за период от 4 до 70 лет.

Расчеты внутренней дозы облучения с использованием данных о переносе радионуклидов в

Таблица 17

Оценка внутренней дозы облучения от стронция-90 с учетом коэффициентов перехода этого радионуклида в окружающей среде через пищевую цепочку[a]

Населенный пункт	Плотность выпадения ^{90}Sr (кБк/м^2)	Внутренняя доза		
		Костный мозг (мГр)	Костные клетки (мГр)	Эффективная доза (мЗв)
Брагин	78	23	50	4,2
Корма	7,4	2,1	4,7	0,4
Веприн	21	6,1	13	1,1
Народичи	34	9,8	22	1,8
Полесское	48	14	31	2,6
Новозыбков	9,3	2,7	5,9	0,5
Злынка	26	7,5	17	1,4

[a] Расчеты доз получены на основе использования дозовых поправочных коэффициентов, предложенных НКДАР ООН на основе измерений глобальных выпадений.

Таблица 18

Сравнительная оценка внутренних доз от стронция-90 на единицу плотности выпадения стронция-90

	Нормализованная эффективная доза (μЗв на кБк/м^2)		
	0–4 года	4–70 лет	Всего (округленно)
GSF[а]	95	100	190
GSF[б]	59	100	160
Mol	54	220	270
NRPB[в]	32	110	140
NRPB[г]	100	110	210
НКДАР ООН	32	22	54

[а] Выпадение: одна треть — в виде сухой субстанции и две трети в виде влаги.
[б] Выпадение: 5% в виде сухой субстанции и 95% в виде влаги.
[в] С учетом ограничений на продукты питания.
[г] Без введения ограничений на продукты питания.

Таблица 19

Оценки уровней выпадения йода-131 на местности и воздухе вне помещений на основе отчетных данных о средних значениях соотношения йода-131 к цезию-137 на территории УССР, БССР и РСФСР

Населенный пункт	Соотношение ^{131}I к ^{137}Cs		Плотность выпадения (кБк/м^2)		Суммарная концентрация в воздухе (Бк в день/м^3)	
	в почве	в воздухе	^{137}Cs	^{131}I	^{137}Cs	^{131}I
Брагин	15	9,1	1 000	15 000	1 500	14 000
Корма	15	9,1	670	10 000	1 000	9 100
Веприн	15	9,1	1 200	18 000	1 800	16 000
Народичи	33	7,6	630	21 000	950	7 200
Полесское	33	7,6	910	30 000	1 400	10 000
Новозыбков	16	8,7	600	9 600	900	7 800
Злынка	16	8,7	990	16 000	1 500	13 000

окружающей среде в виде поправочных коэффициентов дозы приведены в табл. 15. Рассчитанные таким образом значения доз в 9–30 раз выше значений, полученных при измерениях на установках СИЧ. Указанный в таблице разброс значений доз отражает введение ограничительных мер на потребление продуктов питания.

В табл. 16 результаты расчетов дозы на единицу плотности выпадения цезия-137, которые получены с использованием компьютерных программ, разработанных в исследовательских центрах Моль, GSF и NRPB, сравниваются со значениями, полученными при использовании методологии НКДАР ООН; расчетные дозы соответствуют периоду времени с 1990 по 2056 гг. При расчетах имелось в виду, что ограничения на потребление отдельных продуктов питания не вводились. Разброс значений нормализованных будущих доз находится в пределах от 4 до 54 μЗв на кБк/м^2, причем значение этого параметра, предложенное НКДАР ООН, почти совпадает со среднегеометрическим значением всех четырех результатов.

Данные о переносе цезия из определенных типов почвы в различные сельскохозяйственные культуры предоставлены Институтом сельскохо-

зяйственной радиологии в Обнинске. Эти данные говорят о большом разбросе значений, но они, тем не менее, находятся в общем диапазоне значений, обычно используемых в моделях GSF. Таким образом, в расчетах GSF использовались обычные параметры.

Прогнозируемые дозы в расчетах NRPB учитывают фиксацию цезия в почве, как это принято в европейских странах. Однако, не представилась возможность уточнить эти расчеты для более конкретных местных условий. Это в большой степени относится к малой расчетной величине прогнозируемой дозы от цезия-137 в продуктах питания, полученной в исследовательском центре NRPB, по сравнению с остальными значениями, приведенными в таблице. Если результат оценки NRPB не учитывать, то разброс значений независимых оценок получится небольшим и составит от 22 до 54 μЗв на кБк/м^2.

5.2.2. Внутренняя доза облучения от стронция-90

Данных для оценки внутренних доз облучения от стронция-90, которые бы отражали местные условия в загрязненных районах, не имеется. Поэтому можно лишь приблизительно оценить дозу, применяя к результатам измерений выпавшего стронция-90 обобщеннные коэффициенты переноса этого радионуклида, полученные в НКДАР ООН. Коэффициенты переноса вычислялись на основе измерений глобальных осадков [19]. Средние значения коэффициентов переноса составляют:

При поступлении радиоактивности в продукты питания: 4 Бк·г/кг на кБк/м^2;

При поступлении радиоактивности из пищи в костные ткани: 38 Бк·г/кг на Бк·г/кг;

При поступлении радиоактивности из костных тканей:
— в красный костный мозг: 1,9 μГр на Бк·г/кг;
— в костные клетки: 4,2 μГр на Бк·г/кг.

Последовательное произведение этих коэффициентов даст коэффициенты переноса от количества выпавших радионуклидов к величине поглощенной дозы, а при переходе от количества выпавших радионуклидов к эффективной эквивалентной дозе применяется весовой коэффициент, учитывающий ткани тела, равный 0,12 для красного костного мозга, и 0,03 для костных клеток.

При расчете поглощенной дозы в зависимости от количества выпавших радионуклидов:

— для костного мозга: 290 μГр на кБк/м^2;
— для костных клеток: 640 μГр на кБк/м^2

При расчете эффективной дозы в зависимости от количества выпавших радионуклидов: 54 μЗв на кБк/м^2.

Применение указанных в таблице значений коэффициента переноса к сообщенным советской стороной данным о плотностях выпадения стронция-90 в отобранных для обследования населенных пунктах дает возможность оценить внутреннюю дозу от стронция-90. Результаты таких расчетов приведены в табл. 17.

В табл. 18 приводится сравнительная оценка доз на единицу плотности выпадения стронция-90, полученная на основе компьютерных программ исследовательских центров GSF, Моль и NRPB, с результатами расчетов, выполненных на основе методологии НКДАР ООН. Разброс расчетных нормализованных доз в будущем находится в пределах от 54 до 270 μЗв на кБк/м^2, причем наименьшее значение этого параметра получено при использовании модели НКДАР ООН. Оценка дозы, выведенная на основе методики НКДАР ООН с экстраполяцией имеющихся данных измерений стронция-90 в глобальных осадках, показывает гораздо меньшие временные сроки переноса по сравнению с другими моделями. Нет никаких прямых оснований предполагать, что при расчете доз облучения от стронция-90 существует какая-либо неопределенность.

5.3. Доза на щитовидную железу от облучения йодом-131

Данных для оценки дозы облучения щитовидной железы йодом-131 путем непосредственных измерений или же для выведения доз на основе измерений содержания йода-131 в окружающей среде не имеется. Поэтому представляется возможным сделать лишь приблизительные оценки дозы с помощью вполне определенных значений соотношения между количеством выпавшего в атмосферу йода-131 и цезия-137. Среднее значение этого соотношения с точки зрения количества выпавших радионуклидов было сделано на основе измерений во всех европейских странах и

Таблица 20

Оценка содержания йода-131 в молоке и зеленных овощах с учетом опубликованных средних значений переноса выпавших радинуклидов в молоко и зеленные овощи в странах Центральной Европы

Населенный пункт	Плотность выпадения ^{131}I (кБк/м^2)	Суммарная концентрация ^{131}I (Бк в год/кг[a])	
		Молоко	Зеленные овощи
Брагин	15 000	1 500	6 000
Корма	10 000	1 000	4 000
Веприн	18 000	1 800	7 200
Народичи	21 000	2 100	8 400
Полесское	30 000	3 000	1 200
Новозыбков	9 600	960	3 800
Злынка	16 000	1 600	6 400

[a] Расчет сделан с применением соответствующих значений коэффициента переноса, характерных для центральной Европы во время аварии на Чернобыльской АЭС: 0,1 Бк·г/кг на кБк/м^2 для молока и 0,4 Бк·г/кг на кБк/м^2 для зеленых овощей.

Таблица 21

Коэффициенты переноса для оценки дозы на щитовинную железу от йода-131 на основе плотностей выпадения цезия-137[a]

Регион	Коэффициент переноса (μГр на кБк/м^2)					
	Через органы дыхания			Через пищеварительный тракт		
	Новорожд.	Дети	Взрослые	Новорожд.	Дети	Взрослые
БССР	50	62	36	1200	950	270
РСФСР	48	60	34	1300	1000	290
УССР	42	52	30	2600	2100	590

[a] Оценка производилась на основе методологии НКДАР ООН.

других частях планеты после аварии на Чернобыльской АЭС и равно 6,2 [6], но применительно к отдельным частям БССР, РСФСР и УССР эти средние значения были значительно выше и составили соответственно 15, 16 и 33 [6]. Именно эти значения и применялись к плотностям выпадения цезия-137 в отобранных для обследования населенных пунктах для определения и оценки плотностей выпадения йода-131, которые представлены в табл. 19.

Зависимость между общей концентрацией цезия-137 на открытом воздухе и плотностью выпадения может изменяться и зависеть главным образом от количества выпавших осадков во время прохождения облака. Представительное значение отношения доли концентрации цезия-137 на открытом воздухе к плотности выпадения цезия-137 для СССР, исходя из сообщений советских специалистов, составила 1,5 Бк·д/м^3 на кБк/м^2 [6]. Полученные значения суммарной концентрации цезия-137 в воздухе для отобранных населенных пунктов приведены в табл. 19. Советской стороной были представлены соотношения концентраций йод-131/цезий-137 в воздухе для БССР, РСФСР и УССР [6]. Эти соотношения и расчетные значения суммарных концентраций йода-131 в воздухе даются в табл. 19.

Были также представлены и средние значения соотношения между количеством выпавшего

йода-131 и содержанием йода-131 в молоке и зеленных овощах по крупным регионам СССР [6]. Эти значения (0,03, 0,04, 0,06 Бк·г/кг в молоке на кБк/м^2 и 0,01, 0,02, 0,09 Бк·г/кг в зеленных овощах на кБк/м^2 характеризуют этот параметр соответственно для РСФСР, БССР и УССР), что соответствует значениям этого соотношения для тех регионов, где стойловое содержание скота в зимнее время превалирует над пастбищным, что характерно для стран северной Европы. Более общие значения этого параметра для регионов центральной Европы в момент аварии на Чернобыльской АЭС составляли тогда 0,1 Бк·г/кг в молоке на кБк/м^2 и 0,4 Бк·г/кг в зеленных овощах на кБк/м^2 для выпавших на почву радионуклидов [6]. Допуская, что упомянутые выше значения также применимы в расчетах для обследуемых населенных пунктов, можно было бы вычислить величины суммарной концентрации йода-131 в молоке и зеленных овощах, представленные в табл. 20.

По каждому выбранному населенному пункту были сделаны расчеты доз на щитовидной железе для грудных детей в возрасте до 1 года, детей в возрасте 5 лет и взрослых. Было принято, что объем вдыхаемого в организм воздуха для указанных возрастных категорий составляет соответственно 3,8, 8 и 22 м^3/д; потребление молока для этих же категорий составляет 200, 260 и 260 л/г, а количество потребляемых зеленных овощей определяется как 5, 10 и 37 кг/г. В расчет также принималось и условие, что концентрация содержания йода-131 в воздухе внутри помещений в 0,3 раза меньше по сравнению с концентрацией на открытом воздухе [6]. Кроме того, использовался коэффициент защитных свойств зданий при нахождении в них людей, равный 0,8. Поглощенная щитовидной железой доза на единицу поступившего в организм йода-131 через органы дыхания составила для новорожденных, детей и взрослых соответственно 2,2, 1,3 и 0,27 μГр/Бк, через пищеварительный тракт — 3,6, 2,1 и 0,44 μГр/Бк [9]. На основании такого рода предположений можно вывести коэффициенты перехода от количества выпавшего цезия-137 к величине дозы облучения от йода-131 на щитовидной железе. Эти данные приведены в табл. 21. Различные значения коэффициентов переноса вызваны разными отношениями количества йода-131 к цезию-137, характеризующих пропорции этих радионуклидов в воздухе и их выпадение на земной поверхности в трех рассматриваемых регионах.

Расчетные дозы облучения щитовидной железы для каждого из обследуемых населенных пунктов представлены в табл. 22. Значения доз наиболее высоки для новорожденных и несколько ниже для детей в возрасте 5 лет и взрослых. При расчетах доз облучения щитовидной железы от йода-131 специалисты исходили из того, что

Таблица 22

Оценка поглощенной дозы на щитовиную железу от йода-131[a]

Населенный пункт	Поглощенная доза на щитовиную железу (мГр)								
	Через органы дыхания			Через пищеварительный тракт			Всего (округленно)		
	новорожд.	Дети	Взрослые	Новорожд.	Дети	Взрослые	Новорожд.	Дети	Взрослые
Брагин	50	60	40	1200	950	270	1200	1000	310
Корма	30	40	20	800	630	180	830	670	200
Веприн	60	70	40	1400	1100	320	1500	1200	360
Народичи	30	30	20	1600	1300	370	1700	1300	390
Полесское	40	50	30	2400	1900	540	2400	1900	570
Новозыбков	30	40	20	760	600	170	790	640	190
Злынка	50	60	30	1300	1000	290	1300	1100	320

[a] На основе методологии НКДАР ООН с использованием коэффициентов переноса, приведенных в табл. 21.

Таблица 23

Сводные данные по расчетам общих доз, сделанных экспертами для обследованных населенных пунктов

Населенный пункт	Внешняя доза (мЗв)		Внутренняя доза (мЗв)[a]			Всего (округ.) (мЗв)
			^{137}Cs		^{90}Sr	
	0–4 года	4–70 лет	0–4 года	4–70 лет	0–70 лет	
Брагин	26	79	1,1	22	4	130
Корма	18	53	1,3	15	0,4	88
Веприн	32	95	0,8	26	1	160
Народичи	17	50	~1	14	2	84
Полесское	24	72	1,0	20	3	120
Новозыбков	16	47	1,5	13	0,5	78
Злынка	26	78	2,3	22	1	130

[a] Внутренние дозы облучения от цезия-137 рассчитывались на основе измерений на установке СИЧ (0-4 года) и коэффициентов переноса радионуклидов в окружающей среде (4-70 лет); внутренние дозы облучения от стронция-90 рассчитывались, исходя из переноса этого радионуклида в окружающей среде.

никаких мероприятий по защите населения не проводилось, а в пищу употреблялись лишь продукты питания местного производства.

5.4. Общая доза

Общая доза для жителей обследованных населенных пунктов сведена в табл. 23. Ожидаемые дозы облучения от цезия-137 (4–70 лет) рассчитаны на основе данных о переносе радионуклидов в окружающей среде. Такой расчет предполагает отсутствие каких-либо последующих ограничений на потребление продуктов питания, что может привести к завышениям в оценке доз. При расчете ожидаемых доз исходят из обычного состояния почвы и не учитывают районы с высокими значениями коэффициента переноса радионуклидов в почве. Это может компенсировать указанное выше завышение доз, но при этом не исключается некоторая степень неопределенности.

Расчеты дозы за 70 лет в зависимости от плотности выпадения цезия-137 наглядно представлены на рис.6. Предполагается, что расчетная доза за 70 лет не превысит 350 мЗв (35 бэр) при уровнях концентрации цезия-137 менее 2600 кБк/м^2 (70 Ки/км^2). Следует, однако, подчеркнуть, что эти расчеты не учитывают особенностей местных почв.

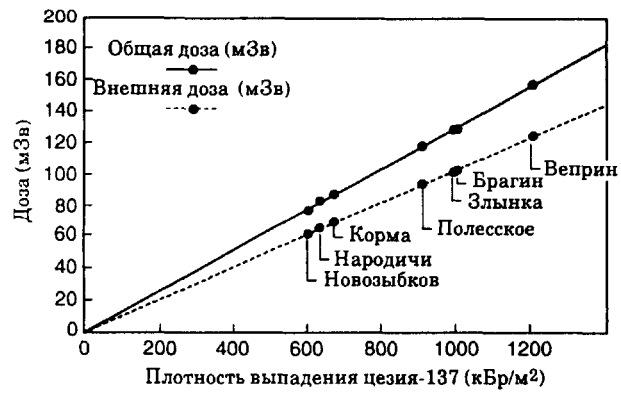


Рис. 6. Дозы в течение жизни от радионуклидов для населения обследованных населенных пунктов по оценкам международных экспертов

6. Сравнение результатов оценки доз

Конечным этапом в проверке расчетов доз является сравнение результатов, полученных независимыми экспертами, с данными, представленными советской стороной. В дополнение к данным о расчетных дозах, приведенных в разделе 5, ниже дается и ряд других значений, полученных независимыми экспертами.

6.1. Доза внешнего облучения

6.1.1. Расчетная внешняя доза облучения

В разделе 5.1 был сделан расчет эффективной эквивалентной дозы на основании величины внешнего излучения на единицу плотности выпадения цезия-137, которая составила 26 μЗв на кБк/м^2 (или 0,1 бэр на Ки/км^2) за период 0–4 года после выпадения радионуклидов, и 79 μЗв на кБк/м^2 (или 0,3 бэр на Ки/км^2) за период от 4 до 70 лет. Соответствующие значения, полученные на основе советской официальной методологии, находятся в пределах от 43 до 70 μЗв на кБк/м^2 (т. е. от 0,16 до 0,26 бэр на Ки/км^2) за период 0–4 года после выпадения радионуклидов и 86 μЗв на кБк/м^2 (0,32 бэр на Ки/км^2) за время 4–70 лет после выпадения. Хотя эти данные и были получены иными методами расчетов (эмпирическим путем за период 0–4 года и на основе двухкомпонентного экспоненциального понижения мощности экспозиционной дозы от цезия-137 в течение 4–70 лет), тем не менее, расчеты советских специалистов достаточно хорошо согласуются с данными независимых оценок. Можно было бы попытаться объяснить результаты расчетов советских специалистов, которые несколько завысили начальные дозы, если бы радионуклиды по своему составу отличались от тех видов, которые определены иностранными специалистами на значительно больших расстояниях от места аварии. Сравнительная оценка внешних доз облучения приведена в табл. 24.

6.1.2. Результаты измерений внешней дозы облучения

Результаты измерений внешней дозы облучения, проведенные в рамках международной экспертизы, почти во всех случаях оказались ниже регистрируемых пределов измерения при использовании для этой цели пленочных дозиметров. Таким образом, результаты измерений согласуются с расчетами независимых экспертов и дан-

Таблица 24

Сравнительная оценка расчетов внешней дозы облучения с использованием официальных советских данных и независимых оценок международных экспертов

Населенный пункт	Внешняя доза (мЗв)						Соотношение между советскими данными и оценками экспертов		
	0–4 года		4–70 лет		Всего (округл.)				
	Оценка эксперт.	Офиц. данные	Оценка эксперт.	Офиц. данные	Оценка эксперт.	Офиц. данные	0–4 года	4–70 лет	Всего
Брагин	26	70	80	86	110	156	2,7	1,1	1,4
Корма	18	29	54	58	72	87	1,6	1,1	1,2
Веприн	32	53	96	104	130	157	1,7	1,1	1,2
Народичи	17	44[a]	50	55	67	99	2,6	1,1	1,5
Полесское	24	64[a]	73	79	97	143	2,7	1,1	1,5
Новозыбков	16	26[a]	48	52	64	78	1,6	1,1	1,2
Злынка	26	43[a]	79	86	110	129	1,7	1,1	1,3

[a] Расчеты выполнялись на основе официально принятой в СССР методологии.

ными официальных советских источников, поэтому нет никакой необходимости подвергать их перепроверке.

6.2. Доза внутреннего облучения

6.2.1. Доза от переноса цезия-137 в окружающей среде

Внутреннюю дозу облучения от цезия-137 можно рассчитать на основе имеющихся результатов измерения содержания выпавшего на почву цезия-137, а также его количества в молоке и пище. Необходимо, однако, принять во внимание различные значения коэффициента переноса цезия-137 в молоко или пищу для различных районов и точно рассчитать объемы их потребления, а также концентрацию данного радионуклида в фактически потребленных продуктах. Учитывая перечисленные выше трудности и обычно принятую тенденцию к завышению доз, для измерения доз, полученных в предыдущие годы и имеющихся на сегодняшний день, используются главным образом установки СИЧ, а для оценки прогнозируемых доз используются лишь методы расчетов на основе коэффициентов переноса радионуклидов в окружающей среде. Краткий анализ различия коэффициентов переноса радионуклидов из почвы в растения приводится в Приложении 5.

6.2.1.1. Содержание цезия-137 в молоке

Средние значения концентрации активности цезия-137 в молоке, произведенном в 1989 г., выведенные на основе измерений содержания цезия-137 и цезия-134, сравниваются в табл. 25 с концентрациями цезия-137 на основе прогнозирования для этого же года, которое выполнено по модели ECOSYS [21], предполагая при этом, что две трети выпавшего на почву радионуклида образовалось в результате выпадения 5 мм атмосферных осадков, а одна треть осаждалась в сухом виде. Для четырех населенных пунктов (Веприн, Народичи, Полесское и Новозыбков) первый критерий в 2 раза больше второго, а для трех других населенных пунктов (Брагин, Корма и Злынка) — в 5 раз. Результаты, полученные по этой модели, почти во всех случаях превышают данные фактических измерений. Частично это можно объяснить введением защитных мер в области сельского хозяйства. Большой разброс измеренных концентраций цезия-137 в ряде населенных пунктов свидетельствует о том, что молоко туда поступает от различных источников, и этот фактор, возможно, говорит о различных плотностях выпадения этого радионуклида в различной местности и неодинаковых агротехнических приемах возделывания сельскохозяйственных культур.

Следует отметить, что в контролируемых зонах концентрация цезия-137 в молоке, которое

Таблица 25

Сравнение расчетных концентраций цезия-137 в молоке с официальными данными за 1989 г.

Населенный пункт	Плотность выпадения ^{137}Cs (кБк/м^2)	Концентрация ^{137}Cs в молоке (Бк/л)		Соотношение между официальными данными и оценкой экспертов
		По оценке экспертов[a]	По официальн. данными	
Брагин	1000	820	170 (140–310)	0,2
Корма	670	530	150 (70–590)	0,3
Веприн	1200	1200	1000 (470–1400)	0,8
Народичи	630	500	790 (200–1400)[б]	1,5
Полесское	910	730	460 (30–2200)	0,6
Новозыбков	600	470	410 (<600–2200)	0,9
Злынка	990	990	350 (180–2200)	0,4

[a] С использованием модели переноса ECOSYS.

[б] Эти значения были указаны советскими специалистами в марте 1991 г. и, по-видимому, неправильны.

Таблица 26

Сравнительная оценка внутренних доз облучения от цезия-137 на период с 1990 по 2056 гг. с учетом коэффициентов переноса радионуклидов через пищевую цепочку

Населенный пункт	Внутренняя доза (мЗв)		Соотношение между официальными данными и оценкой экспертов
	По оценкам экспертов	По официальн. данным	
Брагин	22	60	3
Корма	15	48	3
Веприн	26	180	7
Народичи	14	~220[a]	20
Полесское	20	220	10
Новозыбков	13	57	4
Злынка	22	85	4

[a] Исходное значение (555 мЗв), указанное советскими специалистами в марте 1991 г., является неверным. Точное значение этого параметра примерно то же, что для населенного пункта Полесское.

Таблица 27

Сравнительная оценка содержания цезия-137 в организме людей по данным официальных советских источников

Населенный пункт	Содержание цезия-137 в организме (кБк)							
	1986		1987		1988		1989	
	Оценка экспер.[a]	Офиц. данные	Оценка экспер.[a]	Офиц. данные	Оценка экспер.[a]	Офиц. данные	Оценка эксперт.[a]	Офиц. данные
Брагин	13	15	4,2	11	2,9	1,1	2,1	0,7
Корма	14		4,6		3,2		2,3	
Веприн	9		3,0		2,1		1,5	
Народичи				7,4				26
Полесское	13		4,4	7,4	3,1	30	2,2	7,4
Новозыбков	18	74	6,0	15	4,2	15	3,0	7,4
Злынка	24	81	8,0	41	5,6	26	4,0	

[a] Оценки основываются на данных измерений 1990 г. Среднее значение (Приложение 2) применялось также и для расчетов за 1989 г. Данные расчетов для предыдущих лет воссоздавались на основе соотношения 6:2:1,4:1 соответственно для 1986, 1987, 1988 и 1989 гг.

продается в магазинах, оказывается ниже, чем в произведенном молоке. Например, средняя концентрация цезия-137 в молоке, произведенном в 1989 г. на 10 молочных фермах Новозыбковского района, составила 150 Бк/л, а средняя концентрация цезия-137 в молоке, направленном для продажи в магазины, оказалась равной всего 60 Бк/л (см. данные в Приложении 4).

6.2.1.2. Содержание цезия-137 в продуктах питания

Расчеты содержания цезия-137 в продуктах питания для г. Брагина (БССР) приведены в табл. 7. С учетом различных альтернативных значений концентрации цезия-137 в продуктах питания его расчетное поступление в организм составило 550, 310 и 200 Бк/д (т. е. 15, 8,4 и 5,5 нКи/д). В официальной советской методологии используются только результаты измерения концентраций цезия-137 в молоке (значение этого параметра выражается в нКи/кг × 0,9 нКи/д на нКи/кг) плюс постоянное поступление активности в организм от других продуктов питания (5,4 нКи/д). Данное условие заложено в уравнении 26 (см. раздел 2.2.1.3). Результаты данного приближения для поступившего в организм цезия-137 с продуктами питания составляют 440, 330 и 220 Бк/д (12, 9 и 6 нКи/д) для вариантов 1, 2 и 3 соответственно. Эти расчетные значения хорошо согласуются с данными табл. 7, сделанными на основе более полного анализа загрязнения продуктов питания.

6.2.1.3. Ожидаемая доза

Сравнения ожидаемых доз внутреннего облучения от цезия на основе оценки коэффициентов переноса радиоактивности в окружающей среде приведены в табл. 26. Завышенные значения доз, приводимые в советских источниках, связаны, по-видимому, с местными условиями и поэтому более достоверны, особенно для местностей с высокими значениями коэффициента переноса радиоактивности из почвы в растения. Международные эксперты такие условия в расчет не принимали и пользовались обобщенными значениями коэффициентов переноса.

6.2.2. Измерение дозы облучения от цезия-137 на установке СИЧ

Группа международных экспертов производила измерения на установках СИЧ только летом 1990 г. По результатам этих измерений был сделан расчет среднего содержания этого радионуклида в организме на основе выведенного советскими специалистами соотношения 6:2:1,4:1 с 1986 по 1989 гг., соответственно. В табл. 27 приводится сопоставление советских официальных данных с оценками международных экспертов. Создается впечатление, что восстановленные результаты дают достаточно объективные данные (в пределах от 2-х до 3-х раз), которые и используются в расчетах. Сравнение значений внутренней дозы от цезия-137 и цезия-134 в начальный период времени после ава-

Таблица 28

Сравнительная оценка внутренних доз облучения от цезия-137 и цезия-134 за период 1986-1989 гг. с учетом результатов измерений на установке СИЧ

Населенный пункт	Внутренняя доза (мЗв)		Соотношение официального значения с оценкой экспертов
	Экспертная оценка	Официальное значение	
Брагин	1,1	14	13
Корма	1,3	9	7
Веприн	0,8	16	20
Народичи	~1,0	9	9
Полесское	1,0	13	13
Новозыбков	1,5	8	5
Злынка	2,3	13	6

Таблица 29

Сравнительная оценка внутреннего облучения от стронция-90

Населенный пункт	Доза на костный мозг (мГр)		Эффективная доза (мЗв)		Соотношение официальных данных к оценке экспертов[a]
	Эксперт. оценка	Официальн. данные	Эксперт. оценка	Официальн. данные	
Брагин	23	38	4	—	2
Корма	2	5	0,4	—	3
Веприн	6	19	1	—	3
Народичи	10	18	2	—	2
Полесское	14	24	3	—	2
Новозыбков	3	6	0,5	—	2
Злынка	8	14	1	—	2

[a] Только для доз на костном мозге.

Таблица 30

Сравнительная оценка доз, поглощенных щитовидной железой от йода-131

Населенный пункт	Поглощенная доза (мГр)				Соотношение официальных данных к оценке экспертов	
	Дети		Взрослые			
	Эксперт. оценка	Офиц. данные	Эксперт. оценка	Офиц. данные	Дети	Взрослые
Брагин	1000	800	310	250	0,8	0,8
Корма	670	<200	200	<50	<0,3	<0,3
Веприн	1200	250	360	100	0,2	0,3
Народичи	1300		390			
Полесское	1900	3200	570	700	1,7	1,2
Новозыбков	640	400	190	70	0,6	0,4
Злынка	1100	400	320	70	0,4	0,2

рии (0–4 года) с учетом результатов измерений на установках СИЧ показано в табл. 28. Значения доз довольно низкие. Приводимые в советских источниках значения основаны на результатах измерений, проведенных в период с 1986 по 1989 гг., и представляются более достоверными по сравнению с оценками международных экспертов, которые делались лишь на использовании данных измерений 1990 г.

6.2.3. Доза от стронция-90 за счет переноса радиоактивности в окружающей среде

Сравнение полученных величин внутренних доз от стронция-90 приводится в табл. 29. Прежде всего следует отметить, что результаты, приведенные в советских источниках, по-видимому, основываются на дозах, поглощенных красным костным мозгом. Эти значения завы-

шены примерно в 2 раза по сравнению с данными независимых экспертов, в которых использовались обобщенные значения коэффициента переноса этого радионуклида в окружающей среде. Советские источники, видимо, более точно учитывают характерные особенности переноса радионуклидов применительно к местным почвам.

6.2.4. Доза облучения щитовидной железы от йода-131

Сравнение величин доз облучения щитовидной железы от йода-131 приведено в табл. 30. По оценкам международных экспертов наиболее высокие значения доз обнаружены у детей из населенного пункта Полесское, где расчетная доза на щитовидной железе составила около 2 Гр. Советские специалисты рассчитали дозу и получили величину 3,2 Гр. Для всех остальных населенных пунктов советские данные несколько ниже оценок, сделанных международными экспертами. Это сравнение в значительной степени зависит от соотношения йод-131/цезий-137 на земле и в воздушной среде. Значение такого соотношения, представленное советскими специалистами, было признано верным для рассматриваемых регионов. Вот почему использование значений этого соотношения должно привести к получению сопоставимых результатов по дозам облучения. Проверить указанные соотношения не представляется возможным, поскольку отсутствуют результаты базовых измерений. Значения соотношения содержания йода-131 в молоке и зеленных овощах и плотности выпадения йода-131 регистрировались лишь для достаточно крупных регионов СССР [6] и соответствуют значениям для других стран, где была возможность отказаться от пастбищного содержания скота или перенести его на более поздний срок (например, в Швеции или в Нидерландах) или там, где вегетационный период для зеленных овощей в момент аварии еще только начинался (например, в Швеции) [6]. Низкие коэффициенты переноса радиоактивности в этих регионах СССР можно частично объяснить указанными выше причинами, а частично — введенными защитными мерами. Нет сведений о степени оперативности этих мероприятий и о существенном снижении интенсивности поступления йода-131 в молоко и зеленные овощи. В любом случае, из-за географического положения рассматриваемых населенных пунктов (они находятся в зоне умеренного климата) наиболее целесообразно, по-видимому, использовать те значения коэффициентов переноса, которые приняты во всей центральной Европе. Ввиду определенных погрешностей в значениях коэффициентов переноса и отсутствия каких-либо данных по содержанию йода-131 в окружающей среде в пострадавших от аварии районах, расчеты доз облучения щитовидной железы от йода-131, выполненные независимыми экспертами, характеризуются высокой степенью неопределенности.

Весьма ограничен объем имеющейся информации по расчетам доз на щитовидной железе, выполненным на основе измерений на этом органе. По большинству областей международные эксперты получили лишь средние значения доз для двух или трех возрастных категорий. По Брагинскому району, однако, была представлена информация по распределению доз как для всех жителей населенных пунктов данного района, эвакуированных 5 мая 1986 г., так и для всех жителей неэвакуированных населенных пунктов (Приложение 2, табл. 2-1). Разница в распределении доз на щитовидной железе очень мала. В качестве примера ниже приводятся данные для детей в возрасте 0–7 лет:

- группа самых низких значений доз для жителей эвакуированных и неэвакуированных сельских населенных пунктов находится в пределах от 0 до 0,03 Гр, что охватывает примерно 20% населения данной категории;
- группа самых высоких значений доз на щитовидной железе для жителей эвакуированных населенных пунктов составляет 20–30 Гр, а для жителей неэвакуированных деревень — 30–40 Гр, при этом указанные значения доз получены менее чем у 1% населения данных категорий;
- среднее значение дозы на щитовидной железе составляет 2,1 Гр для жителей эвакуированных населенных пунктов и 1,5 Гр для жителей неэвакуированных населенных пунктов.

Распределение доз показывает, что величины доз облучения щитовидной железы в пределах одной возрастной группы и для одного и того же района отличаются очень значительно, причем максимальные и минимальные значения отличаются друг от друга более чем в 100 раз, а разброс между максимальными значениями и средним значением составляет 10 и более раз. Из-за отсутствия количественных данных трудно определить основные причины таких существенных отличий в значениях доз на щитовидной железе, но к ним, вероятно, можно отнести неоднородность выпадения йода-131 на местности, различия в рационе питания людей (это связано, в частности, с происхождением и количеством

Таблица 31

Сравнительный обзор общих доз

Населенный пункт	Общая доза (мЗв)		Соотношение между официальных данных к оценке экспертов
	Независимая оценка	Официальное значение	
Брагин	130	270	2
Корма	88	150	2
Веприн	160	370	2
Народичи	84	~350[а]	~4
Полесское	120	400	3
Новозыбков	78	150	2
Злынка	130	240	2

[а] Исходное значение (680 мЗв) было заявлено советскими учеными в марте 1991 г. и является неверным. Для расчета внутренней дозы от цезия-137 (табл. 26) вычисления были выполнены повторно с использованием скорректированного значения.

Таблица 32

Сводные данные по оценке доз для жителей населенных пунктов, обследованных группами международных экспертов.

Составные части дозы	Доза (мЗв)		
	0–4 года	4–70 лет	Всего
По оценке международных экспертов			
Внешнее облучение	16–32	47–95	63–130
Внутреннее облучение			
от цезия	0,8–2,3	13–26	15–27
от стронция[а]	0,2–2,4	0,2–1,6	0,4–4
Всего	17–35	60–120	78–160
По официальным данным советской стороны			
Внешнее облучение	26–70	52–100	78–160
Внутреннее облучение			
от цезия	8–16	48–220	57–240
от стронция[б]	—	5–38	5–38
Всего	34–84	110–330	150–400

[а] Эффективная доза.

[б] Эквивалентная доза для красного костного мозга.

потребляемого молока), а также прием таблеток, содержащих стабильный йод.

Если средние значения доз, полученные в результате измерений на щитовидной железе, достаточно хорошо согласуются с расчетными средними дозами, выведенными при использовании средних значений коэффициентов переноса радионуклидов (табл. 30), то максимальные значения доз в большей степени соответствуют результатам, полученным с использованием других величин коэффициента переноса, в которых устанавливается зависимость между плотностью выпадения йода-131 и интегрированным по времени накоплением концентраций йода-131 в молоке, принятом в Европе и США для использования в моделях по исследованию проблем окружающей среды. Например, для населенного пункта Брагин плотность выпадения йода-131 составила 15 000 кБк/м^2 (табл. 19), коэффициент удержания массы — 2 м^2/кг (сухой вес), полупериод удержания йода-131 в растениях — 5 дней, среднесуточное потребление коровами пастбищного корма — 10 кг/д (в пересчете на сухой вес), коэффициент переноса активности из корма в молоко — 4×10^{-3} л/д, норма потребления молока ребенком в возрасте 1 года — 0,7 л/д, а коэффициент дозы для щитовидной железы — 3,5 μГр/Бк, при этом доза на щитовидную железу оценивается в 21 Гр (сравните с максимальными значениями 20–40 Гр для детей в возрасте 0–7 лет (Приложение 2, табл. 2-1), полученная из результатов измерения щитовидной железы.

6.3. Общая доза

Сравнение расчетов общей дозы от внешнего и внутреннего облучения приведено в табл. 31. За исключением некоторой неопределенности в данных по дозам в населенном пункте Народичи величины общих доз, сообщенные советскими специалистами, и результаты независимых оценок международных экспертов отличаются лишь незначительно (в 2–3 раза). Дозы, сообщенные советской стороной, во всех случаях имеют более высокие значения. Это говорит о явном намерении советских специалистов не допустить занижения доз, поэтому консервативность оценок (коэффициент порядка 2), по-видимому, вполне обоснованна. Нельзя, однако, не сказать о том, что независимые оценки доз характеризуются высокой степенью неопределенности. Существует, вне всякого сомнения, и широкий разброс в величинах индивидуальных доз в большую или меньшую сторону относительно средних значений для жителей обследованных населенных пунктов и более крупных административных районов, пострадавших от аварии.

Сводные данные полученных результатов приведены в табл. 32. У международных экспертов создалось общее впечатление, что оценка доз облучения населения, пострадавшего от аварии на Чернобыльской АЭС, выполнена советскими учеными добросовестно. Основные научные суждения и выводы были правильными, хотя многие из эмпирических приближений и выбор параметров недостаточно хорошо документированы. Оценка доз характеризуется консервативным подходом в расчетах (т. е. значения доз не занижались).

Литература

[1] BARKHUDAROV, R.M., et al., Methodological Principles for Calculating Levels of External and Internal Exposure of the Populations Living in the Territories Contaminated by Radioactive Materials as a Result of the Chernobyl Accident, Moscow (1986).

[2] AVETISOV, G.M., et al., Methodological Basis for Predicting the Levels of Exposure of the Population Caused by Caesium Radioisotopes for Those Residing Permanently in Areas Contaminated as a Result of the Chernobyl Accident, Moscow (1988).

[3] AVETISOV, G.M., et al., Methodological Principles for Prediction of Levels of Population Exposure to Strontium Radionuclides during Permanent Residence in Areas Contaminated as a Consequence of the Chernobyl Accident, Moscow (1988).

[4] ILYIN, L.A. (Ed.), Guide to the Evaluation of Thyroid Exposure Doses due to Uptake of Radioactive Isotopes of Iodine in the Human Body, Moscow (1988).

[5] KONSTANTINOV, I.E., et al., A Model of the Vertical Migration of Caesium-137 in Soils and Prediction of the Exposure Dose, USSR State Committee on the Use of Atomic Energy, Rep. 79-10 (1979) (in Russian).

[6] UNITED NATIONS, Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation (Report to the General Assembly), Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR), E.8IX.7, UN, New York (1988).

[7] MILLER, K.M., et al., Measurements of External Radiation and Radioactivity in Soil and Air in Novozybkov, USSR, Task 2, Mission 5, Team 2. Mission Report to the Task Leader (Oct. 1990).

[8] LIKHTAREV, I.A., KOVGAN, L.N., "Doses of irradiation to the Ukrainian population as a result of the Chernobyl accident", Comparative Assessment of the Environmental Impact of Radionuclides Released During Three Major Nuclear Accidents: Kyshtym, Windscale, Chernobyl (Proc. Conf. Luxembourg 1990), Commission of the European Communities, Luxembourg (1990).

[9] KONSTANTINOV, Yu.O., Institute of Radiation Hygiene, Leningrad, personal communication.

[10] FERSIKOVA, S., Institute of Agricultural Radiology, Gomel, personal communication.

[11] LIKHTAREV, I.A., All-Union Scientific Centre for Radiation Medicine, Kiev, personal communication.

[12] GAVRILIN, Yu.I., et al., Irradiation Levels on the Thyroid of Byelorussian Regions People after the Chernobyl Accident, Rep. Institute of Biophysics of the USSR, Ministry of Health, Moscow (1990).

[13] ZVONOVA, I., Institute of Radiation Hygiene, Leningrad, personal communication.

[14] INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION, Age-dependent Doses to Members of the Public from Intakes of Radionuclides: Part I, ICRP Publication No. 56, Pergamon Press, Oxford and New York (1990).

[15] WILKINS, B.T., BRADLEY, B.J., FULKER, M.J., The influence of different agricultural practices on the transfer of radionuclides from pasture to milk after the Chernobyl accident, Sci. Total Environ. **68** (1988) 161-172.

[16] NATIONAL RADIOLOGICAL PROTECTION BOARD, The Derived Emergency Reference Levels for the Introduction of Countermeasures in Early to Intermediate Phase of Emergencies Involving the Release of Radionuclides to Atmosphere, Rep. NRPB-DL10, HMSO, London (1986).

[17] STATE COMMITTEE ON HYDROMETEOROLOGY, Data on Radioactive Contamination in Settlements of (a) the UkrSSR, (b) the BSSR, (c) the RSFSR by Caesium-137 and Strontium-90, Moscow (1989).

[18] ILYIN, L.A., et al., Radiocontamination patterns and possible health consequences of the accident at the Chernobyl nuclear power station, Radiol. Prot. Bull. **10** (1990) 3-29.

[19] UNITED NATIONS, Ionizing Radiation: Sources and Biological Effects (Report to the General Assembly), Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR), E.82.IX.8, UN, New York (1982).

[20] BECK, H.L., Exposure Rate Conversion Factors for Radionuclides Deposited on the Ground, Rep. EML-378, US Department of Energy, New York, NY (1980).

[21] PRÖHL, G., Modellierung der Radionuklidausbreitung in Nahrungsketten nach Deposition von Strontium-90, Caesium-137 and Jod-131 auf landwirtschaftlich genutzte Flächen, GSF Rep. 29/90, Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung, Munich (Sep. 1990).

Приложение 1

Список институтов, посещенных группой международных экспертов по обзору методологии оценки доз облучения

Поездка 1

16 июля 1990	Министерство здравоохранения УССР, Киев
16 июля 1990	Министерство здравоохранения СССР, Москва
17 июля 1990	Министерство здравоохранения РСФСР, Москва
17 июля 1990	Всесоюзный научный центр радиационной медицины, Киев
18 июля 1990	Украинское отделение Всесоюзного научно-исследовательского института сельскохозяйственной радиологии, Киев
18–19 июля 1990	Институт биофизики, Москва
20 июля 1990	Институт медицинской радиологии, Обнинск
20 июля 1990	Всесоюзный научно-исследовательский институт сельскохозяйственной радиологии, Обнинск
20 июля 1990	Академия Наук БССР, Минск
20 июля 1990	Институт физики, Минск
20 июля 1990	Институт радиобиологии, Минск
21 июля 1990	Институт радиационной медицины, Минск
21 июля 1990	Институт ядерной энергетики, Минск
24 июля 1990	Гомельское отделение Института радиационной медицины, Гомель
24 июля 1990	Белорусское отделение Всесоюзного научно-исследовательского института сельскохозяйственной радиологии, Гомель
17 августа 1990	Населенный пункт Полесское.
18 августа 1990	Институт радиобиологии, Минск
21 августа 1990	Белорусское отделение Всесоюзного научно-исследовательского института сельскохозяйственной радиологии, Гомель
22 августа 1990	Новозыбковское отделение Ленинградского научно-исследовательского института радиационной гигиены, Новозыбков
23 августа 1990	Институт радиационной медицины, Гомель
25 августа 1990	Новозыбковское отделение Ленинградского научно-исследовательского института радиационной гигиены, Новозыбков
25 августа 1990	Колхоз, Святск
25 августа 1990	Населенный пункт Злынка

Поездка 2

13 августа 1990	Институт биофизики, Москва
14 августа 1990	Государственный Комитет СССР по статистике, Москва
15 августа 1990	Институт экспериментальной метеорологии, Обнинск
16 августа 1990	Государственный Комитет СССР по гидрометеорологии, Москва
17 августа 1990	Всесоюзный научный центр радиационной медицины, Киев
17 августа 1990	Институт радиационной медицины, Минск

Приложение 2

База данных и сообщенные дозы облучения для некоторых населенных пунктов в СССР

База данных, предоставленная в распоряжение группы международных экспертов по оценке расчетных доз и независимой оценке доз облучения, содержит данные по трем населенным пунктам в БССР, двум — в РСФСР и двум населенным пунктам в УССР. Данные сведены в:

Табл. 2-1 по населенному пункту Брагин, БССР
Табл. 2-2 по населенному пункту Корма, БССР
Табл. 2-3 по населенному пункту Веприн, БССР
Табл. 2-4 по населенному пункту Новозыбков, РСФСР
Табл. 2-5 по населенному пункту Злынка, РСФСР
Табл. 2-6 по населенному пункту Народичи, УССР
Табл. 2-7 по населенному пункту Полесское, УССР

и представлены по следующим категориям:

Население.
Плотность выпадения.
Мощность дозы.
Концентрация в продуктах питания.
Уровень потребления.
Доза внешнего облучения.
Доза внутреннего облучения.
Суммарная доза.
Ожидаемая доза.
Доза облучения щитовидной железы.

Примечание: 1 Р = 258 мкКл/кг.

Таблица 2-1

База данных по населенному пункту Брагин, БССР

Население

Группа населения	1986	1987	1988	1989	1990	Источник
Дети	1667			2065		[1]
Все жители	5600	4900		5888		

Плотность выпадения (кБк/м^2)

Радионуклид	1986	1987	1988	1989	1990	Источник
Цезий-137	1700	1000	270 (5–1000) (n = 8)			[1]
				1000 (n = 18)		[2]
				830 (n = 50)		[3]
Стронций-90				78 (n = 9)		[2]

Мощность дозы (μР/ч)

	1986	1987	1988	1989	1990	Источник
Измерение	8000 (10 мая)	680 (10 мая)				[1]

Концентрация в продуктах питания (Бк/кг)

$^{134+137}$Cs	1986	1987	1988	1989	1990	Источник
Молоко						
Средняя			440	210		[1]
90-% квантиль распределения			590			
Диапазон				190–380		
			(n = 7)	(n = 14)		
Молоко (Институт радиационной медицины, Минск)						[1]
Средняя			590	360		
Данные Института сельскохозяйственной радиологии, Гомель (приблизительные медианные значения)						[4]
Молоко	1600	1500	220	300	260	
Корнеплоды	740	630	330	370	370	
Свежие овощи	3700	740	370	300	220	
Овощи/фрукты	1100	590	300	220	330	
Ягоды, грибы	2200	1100	1300	2600	1100	
Мед	1300	1900	1500	300	300	
Яйцо	1300	190	190	190	300	
Мясо	1700	1100	740	260	300	
Рыба		1800	740	1500	220	

Таблица 2-1 (продолжение)

Уровень потребления (г/д)

Вид продукта	Сельский населен. пункт	Вся БССР	Источник
Молоко	735	690–710	[5]
Хлеб, белый	220	240	
Хлеб, черный	350	350	
Картофель	540	680	
Овощи	190	240	
Фрукты, ягоды	160	150	
Ягоды		1,5	
Грибы	6	7	
Мясо	150	180	
Рыба	46	60	

Доза внутреннего облучения (мЗв)

$^{134+137}Cs$		1986	1987	1988	1989	1990	Источник
Средняя	Дети	2 (n = 292)	1 (n = 94)	0,2 (n = 203)	0,1 (n = 3)		
	Подростки	5 (n = 87)	3 (n = 131)	0,2 (n = 731)	0,1 (n = 2)		
	Взрослые	4 (n = 683)	3 (n = 111)	0,3 (n = 641)	0,2 (n = 131)		
Макс.	Дети	15	7				
	Подростки	22	17				
	Взрослые	12	8				
90-% квантиль распределения							
	Дети	10	5				
	Подростки	13	7				
	Взрослые	8	5				

Данные за 1986 и 1987 гг., Институт Биофизики, Москва. Данные за 1988 и 1989 гг. Институт радиационной медицины, Минск [1]

Ожидаемые дозы (мЗв)

Основа расчета	1986–1989	1990–2060	Сумм. доза за жизнь	Источник
Данные 1988 г.	84	86 (внешн.) 97 (внутр. Cs-137)	267	[1]
Данные 1989 г.	84 (сумм.) 70 (внешн.)	86 (внешн.) 60 (внутр. Cs-137) 38 (внутр. Sr-90)	268	[1]
Институт радиационной медицины, Минск	84	163	246	[1]

Доза облучения щитовидной железы (мЗв)

	1986	1987	1988	1989	1990	Источник
Дети 0–7 лет	800 (n = 207)					[6]
Дети 0–18 лет	600 (n = 496)					
Взрослые	250 (n = 299)					

Таблица 2-1 (продолжение)

Доза облучения щитовидной железы (мЗв) (продолжение)

Доза	Возрастная группа						Ист.
	0–7 лет		0–18 лет		Взрослые		
	Кол-во	%	Кол-во	%	Кол-во	%	
Населенные пункты, эвакуированные 5 мая 1986 г. (район Брагина)							
0–300	55	20	159	23	830	34	[6]
300–750	66	24	193	28	750	31	
750–2 000	78	28	186	27	667	27	
2 000–5 000	51	18	109	16	185	7,5	
5 000–10 000	15	5,4	26	3,8	16	0,7	
10 000–20 000	9	3,3	11	1,6	4	0,2	
20 000–30 000	2	0,7	2	0,3	0	0	
Всего	276		680		2 452		
Средняя доза	2 100		1 500		800		
Неэвакуированные населенные пункты (район Брагина)							
0–300	282	24	1 293	37	9 536	64	[6]
300–750	339	28	1 039	30	3 554	24	
750–2 000	331	28	779	22	1 547	10	
2 000–5 000	167	14	299	8,5	329	2,2	
5 000–10 000	55	4,6	66	1,9	30	0,2	
10 000–20 000	15	1,3	20	0,6	3	0,02	
20 000–30 000	3	0,3	3	0,09	0	0	
30 000–40 000	1	0,08	1	0,03	0	0	
Всего	1 193		3 500		1 499		
Средняя доза	1 500		950		400		

Таблица 2-2

База данных по населенному пункту Корма, БССР

Население

Группа населения	1986	1987	1988	1989	1990	Источник
Дети				2 980		[1]
Все население	6 400	6 200		7 201		

Плотность выпадения (кБк/м^2)

Радионуклид	1986	1987	1988	1989	1990	Источник
Цезий-137		700	680 (310–1700) (n = 10)			[1]
				670 (n = 20)		[2]
				680 (2,9–67) (n = 40)		[3]
Стронций-90				7,4		[2]

Мощность дозы (μР/ч)

	1986	1987	1988	1989	1990	Источник
Измерение	1000 (10 мая)					[1]

Концентрация в продуктах питания (Бк/кг)

$^{134+137}$Cs	1986	1987	1988	1989	1990	Источник
Молоко						
Средняя			320	190		[1]
90-% квантиль распределения			430			
Диапазон				85–740		
			(n = 74)	(n = 74)		
Молоко (Институт радиационной медицины, Минск)						
Средняя			410	250		[1]
Данные Института сельскохозяйственной радиологии, Гомель (приблизительные медианные значения)						[4]
Молоко	~37 000	1 100	740	300	220	
Корнеплоды	1 300	370	300	220		
Свежие овощи	~52 000	930		220		
Фрукты	2 800	560	560			
Ягоды		5 900		3 700	740	
Грибы	7 400	5 600	740	560		
Мясо	~3 700	1 500	1 900	3 000	3 000	
Рыба	7 400	7 400	740	560		

Таблица 2-2 (продолжение)

Доза внутреннего облучения (мЗв)

$^{134+137}Cs$		1986	1987	1988	1989	1990	Источник
Средняя	Дети		0,5 (n = 63)		0,2 (n = 139)		[1]
	Подростки		1 (n = 15)		0,2 (n = 847)		
	Взрослые		2 (n = 87)		0,3 (n = 1667)		
Максим.	Дети		4				
	Подростки		3				
	Взрослые		4				
90-% квантиль распределения							
	Дети	1					
	Подростки		1,5				
	Взрослые		3				

Данные за 1989 г.: Институт радиационной медицины, Минск [1]

Ожидаемая доза (мЗв)

Основа расчета	1986–1989	1990–2060	Сумм. доза за жизнь	Источник
Данные 1988 г.	38	58 (внешн.) 57 (внутр. Cs-137)	152	[1]
Данные 1989 г.	38 (сумм.) 29 (внешн.)	58 (внешн.) 48 (внутр. Cs-137) 5 (внутр. Sr-90)	148	[1]
Институт радиационной медицины, Минск	38	118	156	[1]

Доза облучения щитовидной железы (мЗв)

Группа населения	1986	1987	1988	1989	1990	Источник
Дети 0–7 лет	< 200 (n = 22)					[1]
Дети 0–18 лет	< 100 (n = 50)					
Взрослые	< 50 (n = 140)					

Таблица 2-3

База данных по населенному пункту Веприн, БССР

Население

Группа населения	1986	1987	1988	1989	1990	Источник
Дети		200				[1]
Все жители	1048	948				

Плотность выпадения (кБк/м^2)

Радионуклид	1986	1987	1988	1989	1990	Источник
Цезий-137	1670	1220	1200 (410–1440) (n = 11)			[1]
				1200 (n = 21)		[2]
				1270 (n = 48)		[3]
Стронций-90				21		[2]

Мощность дозы (μР/ч)

	1986	1987	1988	1989	1990	Источник
Измерение	400 (10 мая)	250 (10 мая)				[1]

Концентрация в продуктах питания (Бк/кг)

$^{134+137}$Cs	1986	1987	1988	1989	1990	Источник
Молоко						
Средняя			1300			[1]
90-% квантиль распределения			1700			
Диапазон			810–1800 (n = 4)			
Молоко (Институт радиац. медицины, Минск)			1700			[1]
Агропром			590			

Уровень потребления (г/д)

Вид продукта	Женщины		Дети				Ист.
	Берем.	Кормящие	7–12 мес.	1–3 года	3–6 лет	7–14 лет	
Молоко	42	345	800	192	331	230	[5]
Дом. сыр	3	8	25	40	33	28	
Сливки		35		5	4	14	
Яйцо	0,1	0,5	0,5	0,2	0,5		
Хлеб пшен.	133	205	20	76	65	186	
Хлеб ржан.	291	144		41	76	137	
Пшен. мука		22		11	27	31	
Макароны	49	132	60	55	66	76	

Таблица 2-3 (продолжение)

Доза внутреннего облучения (г/д) (продолжение)

Вид продукта	Женщины		Дети				Ист.
	Беремен.	Кормящие	7–12 мес.	1–3 года	3–6 лет	7–14 лет	
Картофель	422	462	140	170	225	166	[5]
Свежие овощи	160	148	70	119	133	224	
Свежие фрукты	113	2,5	70	82	76	150	
Сухофрукты	3	13		6	7	17	
Сахар	59	92	15	52	50	63	
Мясо	50	168	100	83	40	106	
Рыба	13,3	38		53	6	57	

Доза внутреннего облучения (мЗв)

$^{134+137}Cs$		1986	1987	1988	1989	1990	Источник
Средняя	Дети	3 (n = 26)	1 (n = 64)		0,2 (n = 5)		
	Подростки	4 (n = 23)	1 (n = 38)		0,2 (n = 6)		
	Взрослые	3 (n = 98)	1 (n = 63)		0,3 (n = 32)		
Макс.	Дети	47	11				
	Подростки	122	23				
	Взрослые	131	15				
90-% квантиль распределения							
	Дети	15	4				
	Подростки	25	6				
	Взрослые	12	5				
Данные 1986, 1987 г., Институт биофизики, Москва.							[1]
Данные 1989 г., Институт радиационной медицины, Минск.							[1]

Ожидаемая доза (мЗв)

Основа расчета	1986–1989	1990–2060	Сумм. доза за жизнь	Источник
Данные 1988 г.	69	106 (внешн.) 176 (внутр. Cs-137)	351	[1]
Данные 1989 г.	69 (суммарн.) 53 (внутр.)	104 (внешн.) 176 (внутр. Cs-137) 19 (внутр. Sr-90)	369	[1]
Институт радиационной медицины, Минск	68	289	358	[1]

Доза облучения щитовидной железы (мЗв)

Группа населения	1986	1987	1988	1989	1990	Источник
Дети 0–18 лет	250 (n = 200)					[1]
Взрослые	100 (n = 928)					

Таблица 2-4

База данных по населенному пункту Новозыбков, РСФСР

Население

Группа населения	1986	1987	1988	1989	1990	Источник
Дети	14 600					[1]
Все жители	46 200	46 800	46 400			

Плотность выпадения (кБк/м^2)

Радионуклиды	1986	1987	1988	1989	1990	Источник
Цезий-137	890	630	530 (180–890) (n = 11)			[1]
				600 (n = 15)		[2]
Стронций-90				9,3 (n = 9)		[2]

Мощность дозы облучения (μР/ч)

Место и условия получения дозы	1986	1987	1988	1989	1990	Источник
Вне помещения: Средняя по карте				~100		[7]
Данные мониторинга				120		
В лесах				300		
Вне помещений (участки с ненарушенной почвой):						
В городе и окрестностях					94 ± 30	Задача 2
В пределах города					76	
Вне помещения, сады					51 ± 15	
Вне помещения, твердые покрытия					26 ± 13	
Внут. пом.: Деревянные дома					18 ± 5 (n = 50)	Задача 2
Кирпичн. и ж/б дома:						
Отдельно стоящие дома					14 ± 3	
Жилые дома					10 ± 2	
Общественные здания					11 ± 6	
Отношение радиоактивности:						
Cs-134 к Cs-137					0,15	Задача 2
Мощность дозы облучения цезием:						Задача 2
Cs-137					70%	
Cs-134					30%	
Мощность дозы фона:						Задача 2
Внутри помещений					7–9 μР/ч	
Вне помещения					5–7 μР/ч	
Занятость:						[7]
Внутри помещений 18 ч/д						
Вне помещения 6 ч/д						
Коэффициент защитных свойств зданий:						[7]
Деревянные дома (75% жителей): 0,5						
Кирпичные дома (25% жителей): 0,17–0,25						

Таблица 2-4 (продолжение)

$^{134+137}$Cs	Концентрация в продуктах питания (Бк/кг)					
	1986	1987	1988	1989	1990	Ист.
		Данные Новозыбковской лаборатории				[8]
Местное молоко						
Январь		1 500–5 600	<370–2 800	<740–1 100	<740–1 100	
Февраль		740–4 800	<370–3 000	<740–2 000	<740–700	
Март		370–3 700	<370–3 700	<740–2 800	<740–930	
Апрель		370–7 400	<370–4 800	<740–1 100	<740–2 400	
Май	2 200–96 000	740–6 300	<370–2 800	<740–1 200	<740–960	
Июнь	1 100–44 000	590–5 200	<370–7 400	<740–2 200		
Июль	1 100–56 000	370–11 000	<370–8 500	<740–1 100		
Август	2 200–9 600	740–4 100	<370–2 600	<740–1 300		
Сентябрь	2 200–18 000	370–7 400	<740–1 500	<740–740		
Октябрь	370–9 300	370–2 600	<740–1 500	<740–1 900		
Ноябрь	740–14 000	370–2 600	<740–1 100	<740–740		
Декабрь	2 200–5 200	370–5 600	<740–2 400	<740–1 900		
Привозное молоко		<70 за все периоды				
Местная говядина						
Январь		1 900–26 000	1 100–8 900	<70–1 900	<70–1 900	
Февраль		1 100–24 000	1 100–8 900	<70–1 900	<70–1 900	
Март		1 100–15 000	740–13 000	<70–1 900	<70–1 900	
Апрель		1 100–13 000	1 100–9 300	<70–1 900	<70–1 900	
Май	9 300–115 000	2 600–56 000	1 100–19 000	<70–1 900	<70–1 900	
Июнь	2 200–330 000	2 300–30 000	<70–1 900	<70–1 900		
Июль	740–190 000	3 000–28 000	<70–1 900	<70–1 900		
Август	370–3 000	740–19 000	<70–1 900	<70–1 900		
Сентябрь	740–3 000	1 100–1 300	<70–1 900	<70–1 900		
Октябрь	1 900–44 000	1 900–15 000	<70–1 900	<70–1 900		
Ноябрь	3 300–44 000	2 200–31 000	<70–1 900	<70–1 900		
Декабрь	2 700–31 000	1 500–15 000	<70–1 900	<70–1 900		
Местная свинина:						
Январь		370–5 200	<370–2 600	<70–1 100	<70–1 100	
Февраль		370–6 300	370–3 300	<70–1 100	<70–1 100	
Март		740–6 300	740–5 200	<70–1 100	<70–1 100	
Апрель		370–8 900	370–4 400	<70–1 100	<70–1 100	
Май	<3 700–17 000	1 100–16 000	<370–4 400	<70–1 100		
Июнь	1 500–1 900	370–11 000	<70–1 100	<70–1 100		
Июль	<370–2 600	1 100–14 000	<70–1 100	<70–1 100		
Август	370–2 600	1 500–3 700	<70–1 100	<70–1 100		
Сентябрь	<370–2 200	1 100–9 300	<70–1 100	<70–1 100		
Октябрь	4 400–7 400	3 000–4 800	<70–1 100	<70–1 100		
Ноябрь	2 200–12 000	370–3 700	<70–1 100	<70–1 100		
Декабрь	1 900–14 000	370–7 400	<70–1 100	<70–1 100		

Таблица 2-4 (продолжение)

Концентрация в продуктах питания (Бк/кг) (продолжение)

$^{134+137}Cs$	1986	1987	1988	1989	1990	Ист.
Масло	<70-3 700	<70-370	<70-300	<70-190	<70-190	
Сыр	<70-7 400	<70-370	<70-370	<70-220	<70-220	
Картофель	<70-7 400	<370-2 100	<70-370	<70	<70	
Помидоры	<370-740	<370-740	<70	<70	<70	
Огурцы	<70-12 000	370-740	<70-110	<70	<70	
Капуста	<370-740	<370-1 200	<70-150	<70	<70	
Свекла	1 500-7 400	<370-4 800	<40-190	<70	<70	
Зеленые овощи	370-130 000	<370-3 700	<70-520	<70	<70	
Щавель	<370-210 000	<370-150 000	190-3 000	<70-740	<70-370	
Ягоды, лесные	2 600-30 000	<370-7 400	370-6 700	370-3 700	<370-3 700	
Ягоды, садовые	1 100-85 000	370-2 200	70-300	<70-150	<70	
Грибы	22 000-250 000	370-300 000	370-66 000			
Рыба, местная	7 400-160 000	25-74 000	370-52 000	150-22 000	110-5 600	
Данные Института сельскохозяйственной радиологии, Обнинск						[9]
Молоко из Новозыбковского района						
Январь			1 500	740	260	
Февраль			1 600	560	150	
Март			1 500	560	190	
Апрель			1 900	590	260	
Май			440	300	190	
Июнь			1 000	560		
Июль			890	560		
Август			810	780		
Сентябрь			740	480		
Октябрь			480	410		
Ноябрь			520	410		
Декабрь			370	190		
Данные по 10 колхозам Новозыбковского района						[10]
Молоко (магазин)				63		
Молоко (ферма)				150		
Пшеница (фуражная)				370		
Зерновые			140	89		
Картофель			96	41		
Овощи			33	30		
Яблоки				3,7		
Ягоды				7,4-37		
Рыба				1 400		
Данные по магазинам Брянской области						[11]
Молоко		33	32	28		
Сыр		74	41	29		
Масло		1 200	78			
Мясо, говядина		530	200	120		
Мясо, свинина		270	160	160		
Хлеб, белый		7,0	13	9,3		
Хлеб, черный		24	10	8,1		

Таблица 2-4 (продолжение)

Уровень потребления (г/д)

Наименование продукта	1986	1987	1988	1989	1990	Источник
Молоко	0,75					[7]
Хлеб, пшеничный	0,3					
Хлеб, ржаной	0,2					
Картофель и овощи	1,0					
Мясо	0,1					
Вода	2,0					

Доза внешнего облучения (мЗв)

Основа расчета	1986	1987	1988	1989	1990	Источник
Новозыбковская лаборатория	7,7	4,5	3,6	3,4		[12]

Доза внутреннего облучения (мЗв)

$^{134+137}Cs$	1986	1987	1988	1989	1990	Источник
Институт радиационной гигиены, Ленинград.						[1]
Содержание в организме (кБк)	74	15	15	7,4		
Годовая доза (мЗв)	2,6	0,7	0,7	0,7		

Суммарная доза облучения (мЗв)

Основа расчета	1986	1987	1988	1989	1990	Источник
Новозыбковская лаборатория	12	6	3–4	3–4		[1]
Институт радиационной гигиены, Ленинград	10,3	5,2	4,3	4,1		

Ожидаемая доза (мЗв)

Основа расчета	1986–1989	1990–2060	Сумм. доза за жизнь	Источник
Данные 1988 г.	37	54 (внешн.) 35 (внутр. Cs-137)	126	[1]
Данные 1989 г.	34	52 (внешн.) 57 (внутр. Cs-137) 6,3 (внутр. Sr-90)	149	[1]

Доза облучения щитовидной железы (мЗв)

Группа населения	1986	1987	1988	1989	1990	Источник
Дети 0–7 лет	400					[12]
Дети 7–14 лет	200					
Взрослые	70					

Таблица 2-5

База данных по населенному пункту Злынка, РСФСР

Население

Группа населения	1986	1987	1988	1989	1990	Источник
Дети	2100	1407				[1]
Все жители	5936	5800	5600			

Плотность выпадения (кБк/м^2)

Радионуклид	1986	1987	1988	1989	1990	Источник
Цезий-137	1010	1070	990 (640–1400) (n = 11)			[1]
				990 (n = 16)		[2]
Стронций-90				26 (n = 5)		[2]

Мощность дозы облучения (μР/ч)

	1986	1987	1988	1989	1990	Источник
Измерение		270 (10 мая)				[1]

Концентрация в продуктах питания (Бк/кг)

$^{134+137}$Cs	1986	1987	1988	1989	1990	Источник
Молоко						
Сердняя			440			[1]
90-% квантиль распределения			3000			
Данные Института сельскохозяйственной радиологии, Обнинск						[9]
Январь			1700	410	190	
Февраль			2700	480	150	
Март			1600	590	260	
Апрель			1900	440	110	
Май			440	330	150	
Июнь			1100	550		
Июль			740	630		
Август			960	550		
Сентябрь			550	410		
Октябрь			440	410		
Ноябрь			440	370		
Декабрь			220	190		

Доза внешнего облучения (мЗв)

Основа расчета	1986	1987	1988	1989	1990	Источник
Институт радиационной гигиены, Ленинград	16,2	9,4	7,5	5,5		[12]

Таблица 2-5 (продолжение)

Доза внутреннего облучения (мЗв)

$^{134+137}Cs$	1986	1987	1988	1989	1990	Источник
Данные Института радиационной гигиены, Ленинград						
Содержание в организме (кБк)	81	41	26	30		[1]
Годовая доза (мЗв)	3,1	1,3	1,2	1,0		

Суммарная доза облучения (мЗв)

Основа расчета	1986	1987	1988	1989	1990	Источник
Институт радиационной гигиены, Ленинград	19,3	10,7	8,7	6,5		[1]

Ожидаемая доза облучения (мЗв)

Основа расчета	1986–1989	1990–2060	Сумм. доза за жизнь	Источник
Данные 1988 г.	64	93 (внешн.) 56 (внутр. Cs-137)	213	[1]
Данные 1989 г.	56	86 (внешн.) 85 (внутр. Cs-137) 14 (внутр. Sr-90)	241	[1]

Доза облучения щитовидной железы (мЗв)

Группа населения	1986	1987	1988	1989	1990	Источник
Дети 0–7 лет	400					[12]
Дети 7–14 лет	200					
Взрослые	70					

Таблица 2-6

База данных по населенному пункту Народичи, УССР

Население

Группа населения	1986	1987	1988	1989	1990	Источник
Дети				1443		[1]
Все жители				6334		

Плотность выпадения (кБк/м^2)

Радионуклиды	1986	1987	1988	1989	1990	Источник
Цезий-137	700	630	620 (410–870) (n = 6)			[1]
				630 (n = 26)		[2]
Стронций-90				34 (n = 6)		[2]

Мощность дозы облучения (μР/ч)

Измерение	1986	1987	1988	1989	1990	Источник
Измерение	600 (10 мая)					[1]

Концентрация в продуктах питания (Бк/кг)

Радионуклид	1986	1987	1988	1989	1990	Источник
Цезий 134+137						
Молоко (средняя)		1035 ± 684 (n = 120)	1133 ± 962 (n = 120)	988 ± 742 (n = 125)		[13]
Молоко (средняя)					3696 (273–9620) (n = 7)	[1]
Овощи (средняя)		115 ± 82 (n = 86)	129 ± 111 (n = 90)			[13]
Стронций-90						
Молоко (средняя)		2,0 (n = 22)	9,5 (n = 12)			[13]
Овощи (средняя)		1,7 (n = 18)	3,8 (n = 2)			

Доза внешнего облучения (мЗв)

Основа расчета	1986	1987	1988	1989	1990	Источник
ТЛД измерения		2,5 (n = 25)	1,5 (n = 18)	1,3 (n = 50)	1,6 (n = 42)	[14]

Таблица 2-6 (продолжение)

Доза внутреннего облучения (мЗв)

$^{134+137}Cs$	1986	1987	1988	1989	1990	Источник
Содержание в организме (кБк)						[13]
Дети		8,1 (n = 905)		4,1 (n = 350)		
Взрослые		8,5 (n = 65)		25 (n = 242)		
Все группы		8,1 (n = 970)		13 (n = 592)		
Годовая доза (мЗв)						
Дети		0,58		0,43		[13]
Взрослые		0,34		0,95		
Все группы		0,56		0,64		
Все группы	3,8	0,6	0,3	0,6		[1]
Распределение дозы (%)						
0–1 мЗв		87,6		88,5		
1–2 мЗв		9,5		7,1		
2–3 мЗв		1,3		2,4		
3–4 мЗв		0,4		0,7		
4–5 мЗв		0,3		0,3		
5–6 мЗв		0,3		0,3		
7–8 мЗв		0,1		0,2		
8–9 мЗв		0,1		0,3		
>10 мЗв		0,3 (n = 970)		0,2 (n = 592)		

Суммарная доза облучения (мЗв)

Основа расчетва	1986	1987	1988	1989	1990	Источник
Всесоюзный научный центр радиационной медицины, Киев	11,4	7,0	6,8	3,4		[1]

Ожидаемая доза облучения (мЗв)

Основа расчета	1986–1989	1990–2060	Сумм. доза за жизнь	Источник
Данные 1988 г.	53	54 (внешн.) 173 (внутр. Cs-137)	280	[1]
Данные 1989 г.	53	55 (внешн.) 555 (внутр. Cs-137) 18 (внутр. Sr-90)	681	[1]
Всесоюзный научный центр радиацинной медицины, Киев	29	198	226	[1]

Таблица 2-7

База данных по населенному пункту Полесское, УССР

Население

Группа населения	1986	1987	1988	1989	1990	Источник
Дети	4 719			3 022		[1]
Все жители	12 890			11 800		

Плотность выпадения (кБк/м^2)

Радионуклид	1986	1987	1988	1989	1990	Источник
Цезий-137	1 080 (n = 83)	930 (n = 226)	770 (n = 49)	1 290 (n = 306)		[1]
				910 (n = 84)		[2]
Стронций-90				48 (n = 11)		[2]

Мощность дозы облучения (μР/ч)

Измерение или коэффициент	1986	1987	1988	1989	1990	Источник
Измерение	2 600 (10 мая)			150 ± 20 (<60-300)		[1, 15]
Занятость/коэффициент защитных свойств зданий						[16]
Дети	0,36					
Механики на фермах	0,67					
Полевые работники	0,51					
Лесники	0,86					
Другие группы населения	0,37					
Коэффициент снижения дозы						[16]
Деревянные дома	2,0–2,5					
Кирпично-деревянные дома	3,0–4,5					
Кирпичные дома	5,0–10					

Концентрация в продуктах питания (Бк/кг)

Радионуклид и продукт	1986	1987	1988	1989	1990	Источник
Цезий-134+137						
Молоко 22 февраля				390		[13]
22 февраля				560		
6 марта				320		
21 марта				280		
21 марта				2 800		
28 марта				41		
4 апреля				150		
7 апреля				37		
17 апреля				1 920		
17 апреля				1 140		
24 апреля				37		
3 мая				440		
13 мая				700		

Таблица 2-7 (продолжение)

Концентрация в продуктах питания (продолжение)

Радионуклид и продукт	1986	1987	1988	1989	1990	Источник
Цезий-134+137						
Молоко 13 мая				810		[13]
30 июня				130		
20 июля				740		
20 июля				570		
Средняя				570 (n = 7)		[1]
Минимальная				130		
Максимальная				810		
Стронций-90						[13]
Молоко (средняя)		2,6 (n = 9)	3,9 (n = 7)	2,8 (n = 11)		
Овощи (средняя)			6,9 (n = 3)			

Уровень потребления (г/д)

Вид продукта	Рабочие	Колхозники	Источник
Молоко	105–112	243–256	[17]
Молочные продукты	364–441	342–439	
Домашний сыр	6	5–7	
Картофель	94–141	215–258	
Овощи	68–103	105–113	
Мясо	58–62	68–69	
Рыба	14–16	15	
Хлебо-булочные изделия	97–105	139–161	
Фрукты	31–41	32–33	
Грибы, свежие	0,3–0,6	0,1–0,3	
Грибы, сушеные	0,02–0,1	0,01–0,02	

Доза внешнего облучения (мЗв)

Основа расчета	1986	1987	1988	1989	1986–1989	Источник
Средняя						
Дети	12	3,2	2,4	1,6	19	[15]
Взрослые	22	5,5	4,0	2,5	34	
Все группы	19	5,0	3,2	2,3	30	
90-% квантиль распределения						
Дети	20	5	4	3	32	[15]
Взрослые	28	7	6	5	46	

	1987	1988	1989	1990	
ТЛД-измерения	3,9 (n = 194)	4,7 (n = 10)	2,1 (n = 93)	2,8 (n = 150)	[14]

Таблица 2-7 (продолжение)

Доза внутреннего облучения (мЗв)

$^{134+137}Cs$	1986	1987	1988	1989	1990	Источник
Содержание в организме (кБк)						[13]
Дети		5,6 (n = 1360)	3,0 (n = 28)	3,3 (n = 919)		
Взрослые		6,7 (n = 122)	31 (n = 109)	8,1 (n = 1440)		
Все группы		5,9 (n = 1482)	25 (n = 137)	5,9 (n = 2359)		
Годовая доза (мЗв)						
Дети		0,44	0,36	0,35		[13]
Взрослые		0,26	1,17	0,29		
Все группы	5,2	0,43	1,01	0,31		
Распределение дозы (%)						
0–1 мЗв		95,8	65,7	95,1		[13]
1–2 мЗв		4,0	19,0	3,9		
2–3 мЗв		0,1	5,8	0,3		
3–4 мЗв		0,1	5,8	0,4		
4–5 мЗв			2,9	0,1		
5–6 мЗв			0,7			
7–8 мЗв				0,1		
>10 мЗв				0,1		
		(n = 1482)	(n = 137)	(n = 2359)		

Суммарная доза облучения (мЗв)

Основа расчета	1986	1987	1988	1989	1990	Источник
Всесоюзный научный центр радиационной медицины, Киев	24	5,4	3,3	2,6		[1]

Ожидаемая доза облучения (мЗв)

Основа расчета	1986–1989	1990–2060	Сумм. доза за жизнь	Источник
Данные 1988 г.	84	86 (внешн.) 264 (внутр. Cs-137)	434	[1]
Данные 1989 г.	77	79 (внешн.) 223 (внутр. Cs-137) 24 (внутр. Sr-90)	403	[1]
Всесоюзный научный центр радиационной медицины, Киев	36	303	339	[1]

Доза облучения щитовидной железы (мЗв)

Группа населения	1986	1987	1988	1989	1990	Источник
Дети 0–7 лет	3180 (n = 465)					[1]
Дети 7–14 лет	1020 (n = 1033)					
Взрослые	670 (n = 460)					

Литература к приложение 2

[1] Radiation data for settlements from the information system SDACHA. Institute of Biophysics, Ministry of Health, Moscow, 1990.

[2] Data on radioactive contamination in settlements of (a) the UkrSSR, (b) the BSSR, (c) the RSFSR by caesium-137 and strontium-90. State Committee on Hydrometeorology, Moscow, 1989.

[3] Caesium deposition density measurement results for Veprin, Korma, Bragin, Chadiony and Kirovsk. Data from Institute of Radiobiology, Minsk, 1990.

[4] Caesium in foods in Bragin and Korma during 1986–1990. Transfer factors for milk, meat, grass, grain and vegetables for various soil pH in UkrSSR regions. Concentration of caesium and Sr-90 in grass and grain in 1989 in an area with 30 Ci/km^2 of Cs-137 and 1.2 Ci/km^2 of Sr-90. Transfer factors for grain during 1987, 1988 and 1989; caesium and Sr-90 in grain in 1987. Annual dose per unit deposition density for children, pensioners and 21 occupational groups. Data from Institute of Agricultural Radiology, Gomel, 1990.

[5] Consumption data for the regions of Brest and Mogilev and for the entire BSSR. Data from Institute of Biophysics, Moscow, 1990.

[6] Tabulated dose distributions for the populations of the rajons of Khojniki and of Bragin in the BSSR. Data from Institute of Biophysics, Moscow, 1990.

[7] Data from Institute of Radiation Hygiene, Novozybkov, 1990.

[8] Concentration of caesium in foods for Novozybkov region. Data from Laboratory of Radiation Hygiene, Novozybkov, 1990.

[9] Variation with time (1988 to 1990) of the concentration of Cs-137 in milk in each rajon of Bryansk. Data from Institute of Agricultural Radiology, Obninsk, 1990.

[10] Data from collective farm of Svyatsk, Bryansk region, RSFSR, 1990.

[11] Average ^{137}Cs concentrations in food products from 1987 to 1989 in the Bryansk region. Data from Institute of Radiation Hygiene, Novozybkov, 1990.

[12] Dosimetric information for Bryansk region. Data from Institute of Radiation Hygiene, Novozybkov, 1990.

[13] Caesium in milk in Polesskoe during February–July 1989. Caesium in milk and vegetables in Zhitomir and Rovno regions in 1987–1990. Strontium-90 in milk and vegetables in Narodichi, Ovruch and Polesskoe in 1987–1989. Results of measurements of internal doses from caesium in Polesskoe, Ovruch, Daleta, Narodichi in 1987–1989. Data from All-Union Scientific Centre for Radiation Medicine, Kiev, 1990.

[14] Tables and figures of external gamma TLD measurements. Data from All-Union Scientific Centre for Radiation Medicine, Kiev, 1990.

[15] Special report on the radiation situation in Polesskoe in January 1990. Institute of Biophysics, Moscow, 1990.

[16] Occupancy/shielding factors. Data from All-Union Scientific Centre for Radiation Medicine, Kiev, 1990.

[17] Food consumption estimates for workers and farmers of Kiev, Zhitomir, Chernigov and Rovno regions in 1988 and 1989. Data from All-Union Scientific Centre for Radiation Medicine, Kiev.

Приложение 3

Независимые измерения внешней и внутренней доз облучения в отдельных населенных пунктах

В рамках настоящей Международной программы МАГАТЭ осуществило два проекта независимого измерения внешней и внутренней доз, полученных населением отдельных населенных пунктов по состоянию на момент осуществления программы. Для оценки внешней дозы облучения населению было роздано около 12 000 дозиметров и около 9000 человек было обследовано с помощью установки СИЧ.

Внешняя дозиметрия

Пленочные дозиметры, использованные при проведении независимой оценки внешней дозы облучения, были предоставлены Центральной службой защиты от ионизирующего излучения (ЦСЗИИ) (Франция). Три партии дозиметров были розданы в БССР, РСФСР и УССР. 400 дозиметров из первой партии были розданы населению в семи населенных пунктах в мае 1990 года, а затем собраны в июле того же года. Одновременно со сбором первой партии дозиметров были розданы еще 400 дозиметров, которые были собраны в октябре 1990 года. Третья партия дозиметров была роздана населению в декабре 1990 года и собрана в феврале 1991 года.

Методология

Дозиметры были доставлены в каждый населенный пункт участниками Проекта, которые объяснили населению цель измерения внешней дозы облучения. Следуя заранее разработанным критериям, местные власти в каждом населенном пункте определили тех лиц, которым следовало выдать дозиметры. В дополнение к первоначально выбранным семи населенным пунктам, дозиметры были розданы населению шести контрольных населенных пунктов с низким уровнем радиации, где проводилось медицинское обследование населения (Часть Е). Результаты, полученные на основе анализа первых двух партий дозиметров, были доведены до сведения населения в феврале 1991 года.

Наиболее важными критериями, определявшими представительность обследованных групп населения для данного района, были пол, возраст и род занятий. Индивидуальные дозиметры были выданы приблизительно равному количеству мужчин и женщин. Было решено выдать дозиметры лицам всех возрастов, однако при выдаче первой и второй партии дозиметров большинство детей находилось вне населенных пунктов в пионерских лагерях за пределами территорий, подвергшихся радиоактивному загрязнению. Род занятий также являлся важным критерием, определяющим время нахождения в помещениях и на открытом воздухе.

Лица, получившие дозиметры, должны были носить их в кармане в верхней части тела и класть рядом с постелью перед отходом ко сну. Это необходимо было делать в течение всего периода времени до момента сбора дозиметров.

В дозиметрах использовалась пленка фирмы Кодак (США) тип 3. Пленка имела два эмульсионных слоя. Использовались фильтры из меди (толщиной 0,2 мм) и свинца (1 мм). В диапазоне от 500 до 1000 кэВ энергетические характеристики составляли ±10%. Предел обнаружения при использовании данной методики измерения составляет 0,2 мЗв, а точность (−33% — +50%) соответствует рекомендациям Межународной комиссии по радиационным единицам и измерениям (МКРЕ) и Международной комиссии по радиологической защите (МКРЗ). Обработка пленки осуществлялась Центральной службой защиты от ионизирующего излучения (ЦСЗИИ) ручным способом, и результаты были представлены в лабораторию МАГАТЭ для их оценки.

Результаты

Всего в распоряжение отдельных лиц и местных органов власти было предоставлено 11 773 дозиметра. Ряд дозиметров использовался для измерения радиационного фона и для поверок приборов. В некоторых случаях недостаточное количество информации по отдельным лицам не позволяло включать их в базу данных.

В Табл. 3-1 приводятся результаты по 8611 индивидуальным дозиметрам, которые подвергались облучению в выбранных населенных пунктах в течение двух месяцев, и представлена их разбивка по четырем диапазонам доз.

Таблица 3-1

Итоговые результаты измерения внешней дозы за контрольный период (два месяца)

Населенный пункт	Количество измерений	Группа 1 <0,2 мЗв	Группа 2 0,2–1 мЗв	Группа 3 1–4,5 мЗв	Группа 4 >4,5 мЗв
			БССР		
Брагин	395	383 (97,0%)	8 (2,0%)	4 (1,0%)	—
Веприн	716	635 (88,7%)	66 (9,2%)	15 (2,1%)	—
Корма	843	774 (91,8%)	64 (7,6%)	5 (0,6%)	—
Ходосы[a]	328	274 (83,5%)	54 (16,5%)	—	—
Итого	2282	2066 (90,5%)	192 (8,4%)	24 (1,0%)	—
			РСФСР		
Новозыбков	1882	1211 (64,3%)	564 (30,0%)	97 (5,15%)	10 (0,55%)
Злынка	780	664 (85,1%)	112 (14,3%)	4 (0,5%)	—
Унеча[a]	453	329 (72,6%)	124 (27,4%)	—	—
Итого	3115	2204 (70,7%)	800 (25,7%)	101 (3,2%)	10 (0,3%)
			УССР		
Полесское	987	954 (98,6%)	31 (3,1%)	1 (0,1%)	1 (0,1%)
Овруч	814	801 (98,2%)	7 (0,85%)	6 (0,7%)	—
Калиновка[a]	534	407 (76,2%)	125 (23,4%)	2 (0,4%)	—
Бровары[a]	34	29 (85,3%)	5 (14,7%)	—	—
Троковичи[a]	305	272 (89,1%)	33 (10,9%)	—	—
Коростень	540	529 (98,0%)	11 (2,0%)	—	—
Итого	3214	2992 (93,1%)	212 (6,6%)	9 (0,3%)	1

[a] Населенные пункты вне загрязненной территории.

Высокие значения доз в большинстве случаев можно объяснить тем, что отдельные лица проживали в районах с несколько более высоким уровнем загрязнения или получали большие дозы по роду своего занятия (например, лесники). В пяти случаях было выявлено, что дозиметры были подвергнуты воздействию рентгеновского излучения (возможно это было сделано преднамеренно). Было отмечено несколько случаев получения особенно высоких доз. Это не может быть объяснено уровнем дозы, измеренным в этих районах. Было сделано предположение, что такие дозы получены в "горячих пятнах" или в результате нахождения в течение длительных периодов на открытом воздухе.

Внутренняя дозиметрия

В период с 5 июля по 7 сентября 1990 года на территории БССР, РСФСР и УССР проводилось обследование населения с помощью установки СИЧ. Было сделано 9000 измерений на передвижной установке СИЧ, предоставленной Центральной службой защиты от ионизирующего излучения, (ЦСЗИИ, Франция). Процедура проведения измерений предполагала: (а) реперные измерения калибровочного фантома и персонала установки и (б) дублирование измерений. Некоторые результаты измерений оказались ошибочными. В связи с этим в данном докладе представлены результаты измерений для 9058 чело-

Таблица 3-2

Населенные пункты, даты и количество лиц, обследованных в рамках проекта оценки внутренней дозы облучения

Населенный пункт	Дата проведения измерения	Количество обследованных людей
	БССР	
Корма	10–14 июля 1990	719
Веприн	15–21 июля 1990	1064
Брагин	5–11 августа 1990	1154
	РСФСР	
Злынка	22–28 июля 1990	998
Новозыбков	29 июля–4 августа 1990	1453
	УССР	
Овруч	12–18 августа 1990	1153
Полесское	19–25 августа 1990	1003
Ракитное	26 августа–1 сентября 1990	1320
Далета	2–7 сентября 1990	194
Итого:		9058

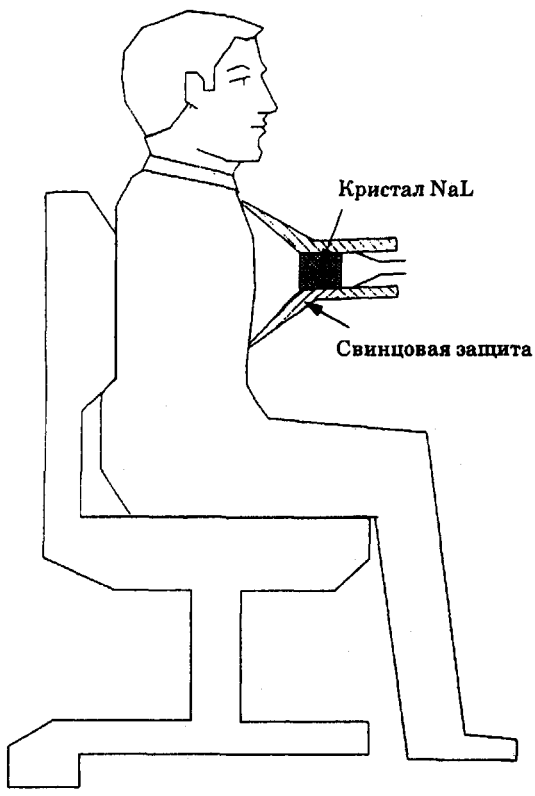


Рис. 3-1. Схема геометрии обследования с помощью передвижной установки

век. Места проведения измерений, даты и количество обследованных лиц представлены в табл. 3–2.

Процедура обследования

Передвижная лаборатория состояла из четырех приборов с креслами. Каждый прибор был снабжен цилиндрическими кристаллами йодистого натрия (7,62 × 7,62 см) в корпусе с коллиматором и свинцовой защитой (рис. 3–1). Человек садится перед прибором таким образом, чтобы свинцовая защита располагалась по центру грудной клетки в районе легких и касалась тела. Измерение занимает 5 минут. Фоновое излучение для прибора определялось путем установки в коллиматор конической пластмассовой пробки.

Во время измерения сам обследуемый человек являлся своего рода экраном, снижая уровень фона. К сожалению степень экранирования не являлась постоянной величиной и зависела от массы человека. Это создавало определенные проблемы при оценке результатов измерений маленьких детей. Процедура измерения, разработанная Центральной службой защиты от ионизирующего излучения, не учитывала поправки на массу тела.

Данные обрабатывались на многоканальном анализаторе Канберра S35, подключенном к портативному компьютеру Амстрад, с помощью программного обеспечения, разработанного ЦСЗИИ. Результаты записывались на дискеты и выводились на печать. Процесс обработки данных ЦСЗИИ позволял предоставлять информацию об измерениях до трех радионуклидов. Однако, учитывая, что статистика измерений по другим радионуклидам оказалась очень слабой, в докладе представлены только результаты по цезию-137. По информации ученых из Киева и Минска о результатах их собственных измерений, которые они провели на установках СИЧ, соотношение цезия-137 и цезия-134 составляет приблизительно 6,5. Указанное соотношение для образца, взятого из окружающей среды (сушеный горох, выращенный в районе Чернобыля и проверенный в декабре 1990 года), было в диапазоне от 7,9 до 8,8. Это соответствует значению соотношения, равного 7,2 в августе 1990 года в середине срока осуществления настоящего Проекта.

Предел обнаружения (ПО), как это определялось программным обеспечением передвижной установки, был в три раза выше стандартного отклонения для значения фона. Значительное различие уровня фона в разных населенных пунктах сказывалось и на пределе его обнаружения. Кро-

ме того, эффективность измерения во многом зависит от размеров обследуемого человека. Все это не позволяет однозначно определить ПО. Однако для взрослого человека ПО обычно составляет 0,74 кБк (0,02 μКи), в то время как для маленького ребенка ПО снижается до значения, равного приблизительно 0,19 кБк (0,005 μКи).

Калибровка прибора

В связи с тем, что передвижная установка была разработана для использования в аварийных условиях, она была откалибрована на человека, имеющего массу тела 70 кг и рост 170 см. Активность, А (в Бк), определялась по следующей формуле калибровки:

$$A = \frac{\text{Скорость счета}}{0{,}0003 \times \text{ПК}}, \qquad (3\text{-}1)$$

где ПК — коэффициент поправки на вес (в основном учитывающий толщину передней грудной стенки) (ПК = 1 для человека, который использовался для получения реперного значения):

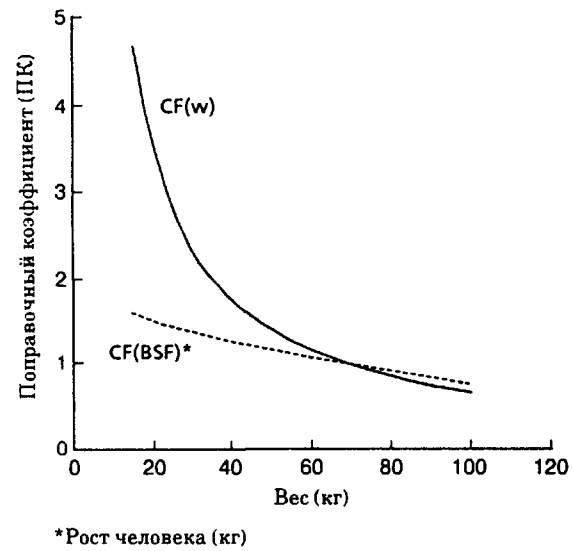
$$\text{ПК} = 2{,}088 - (1{,}695 \times \text{КПРТ}), \qquad (3\text{-}2)$$

где КПРТ — коэффициент поправки на размеры тела $[\text{вес/рост}]^{1/2}$ (вес измеряется в кгс, а рост в см).

Конструкция приборов, установленных в передвижной установке, позволяет измерять активность только в области торса. Для взрослых людей это означает, что масса тканей, обследуемая прибором, является практически постоянной величиной. При анализе процедуры обследования был сделан вывод, что калибровка была достаточно точной для весового диапазона от 50 до 90 кг. Однако для людей, вес которых был за пределами данного диапазона, результаты могут иметь значительные погрешности. Например, для ребенка, вес которого 20 кг при росте 100 см, базовая калибровка привела бы к завышению дозовой нагрузки от цезия в 2,6 раза. Таким образом было рекомендовано использовать измененный поправочный коэффициент, учитывающий только вес:

$$\text{ПК} = \frac{70}{\text{Вес (кг)}} \qquad (3\text{-}3)$$

Базовые и измененные поправочные коэффициенты графически представлены на рис. 3-2. Все



*Рост человека (кг)

Рис. 3-2. Поправочные коэффициенты для детекторов передвижной установки. Величины с учетом коэффициента поправки на размеры тела (КПРТ) (BSF) предполагалось использовать только для взрослых. Измененный коэффициент поправки на вес, CF(w), в большей степени предназначен для оценки детей и использовался при проведении измерений в рамках Международного проекта

данные, представленные в данном Докладе, были получены с использованием пересмотренных коэффициентов калибровки.

Обеспечение качества

При проведении измерений был использован пластмассовый цилиндрический фантом, предоставленный ЦСЗИИ, для ежедневной проверки эффективности счета. Кроме того, несколько человек из персонала установки имели измеряемый уровень цезия-137. Эти результаты представлены в табл. 3-3. Трое из тех, кто регулярно обследовался на установке, прошли обследование в Зайберсдорфе.

После окончания Проекта установка вернулась в Зайберсдорф. По возвращении была проверена калибровка каждого прибора с помощью стандартного фантома, полученного из лаборатории Баттелль Пасифик Нортвест (США) и двух заполненных жидкостью манекенов Зальцбургского университета, которые имитировали взрослую женщину и ребенка. Бутылочный фантом содержал 11,2 кБк цезия-137 в твердом полиуретановом заменителе тканей. Фантомы, полученные из Зальцбурга, имели очень низкий уровень активности. Эти дополнительные результаты здесь не представлены.

Таблица 3-3

Данные о результатах измерений на передвижной установке СИЧ, необходимые для обеспечения качества обследования

Объект	Прибор	Реперное значение активности[а] (кБк)	Измеренная активность (кБк)	Стандартное отколонение		Количество измерений
				(кБк)	(%)	
Фантом	1	131	139	2,55	1,8	16
	2		134	4,62	3,4	19
	3		134	5,62	4,2	23
	4		136	7,36	5,4	25
	Среднее		136	5,92	4,4	83
Человек 1	1	3,26[б]	3,00	0,59	19,3	9
	2	2,66[в]	2,29	0,52	21,9	10
	3		2,81	0,78	27,5	7
	4		3,00	0,44	15,0	12
	Среднее		2,78	0,63	22,9	38
Человек 2	1	3,37[б]	4,77	0,37	7,4	8
	2	3,22[в]	4,29	0,56	12,5	4
	3		3,92	0,52	13,0	8
	4		3,88	0,30	7,4	8
	Среднее		4,22	0,56	13,5	28
Человек 3	1		1,44	1,00	69,7	4
	2		2,59	0,81	31,7	5
	3		2,96	0,92	31,7	10
	4		2,96	1,04	35,3	12
	Среднее		2,70	1,11	40,5	31
Человек 4	1		3,37	0,92	27,2	12
	2		3,18	1,00	31,2	9
	3		3,63	0,96	26,8	13
	4		4,11	0,37	9,4	8
	Среднее		3,55	0,92	26,3	42
Человек 5	Среднее	1,26[в]	2,26	1,59	71,4	5

[а] Реперное значение для фантома было предоставлено ЦСЗИИ. Реперные значения для персонала передвижной установки основаны на измерениях, проведенных лабораторией МАГАТЭ в Зайберсдорфе.

[б] По измерениям, проведенным непосредственно перед поездкой в СССР.

[в] По измерениям, регулярно проводимым после поездки в СССР.

Результаты

В табл. 3-4 представлены итоговые статистические данные и результаты внутренней дозиметрии для девяти населенных пунктов в БССР, РСФСР и УССР. При этом приводится количество обследованных людей, их вес, возраст, суммарная нагрузка на тело, удельная нагрузка на тело (нагрузка на все тело/вес) и оцененная годовая доза, учитывающая удельную нагрузку на тело. Поскольку измерения проводились только один раз, невозможно установить зависимость изменения уровня радиоактивности в теле человека от времени. В связи с этим предполагалось,

Таблица 3-4

Результаты выполнения программы МАГАТЭ по обследованию населения на установках СИЧ в СССР

Населенный пункт	Статистическое значение	Вес (кг)	Возраст (лет)	Суммарная нагрузка на тело от ^{137}Cs (кБк)	Удельная нагрузка на тело от ^{137}Cs (кБк)	Годовая доза, исходя из удельной нагрузки на тело (мЗв)
			БССР			
Брагин	Среднее	71,5	40,1	3,10	44,4	0,11
Группа	Средне-статистическое	73	39	2,10	32,1	0,08
населения:	Средне-геометрическое	67,9	34,8	2,20	31,9	0,08
1154	Стандартное отклонение	19,5	17,6	5,70	90,5	0,23
	Минимум	12	2	0,280	6,6	0,02
	Максимум	135	89	130	2110	5,3
	Нижний квартиль	61	28	1,30	20,2	0,05
	Верхний квартиль	84	54	3,50	48,2	0,12
Веприн	Среднее	64,6	36,5	3,20	46,7	0,12
Группа	Средне-статистическое	69	38	1,50	24,2	0,06
населения:	Средне-геометрическое	58,9	28,7	1,60	27,4	0,07
1064	Стандартное отклонение	22,7	20,0	6,10	78,1	0,20
	Минимум	10	2	0,090	2,16	0,0054
	Максимум	125	86	107	1370	3,4
	Нижний квартиль	55	18	0,650	12,9	0,03
	Верхний квартиль	80	53	3,50	51,4	0,13
Корма	Среднее	67,6	38,5	3,40	50,6	0,13
Группа	Средне-статистическое	70	38	2,30	36,4	0,09
населения:	Средне-геометрическое	62,0	31,1	2,00	32,7	0,08
719	Стандартное отклонение	22,3	19,2	5,10	66,5	0,17
	Минимум	10	1	0,100	2,83	0,0071
	Максимум	118	85	67,0	932,9	2,3
	Нижний квартиль	60	26	0,800	18,2	0,05
	Верхний квартиль	81	54	4,00	57,5	0,14
			РСФСР			
Новозыбков	Среднее	69,3	40,4	5,60	78,0	0,20
Группа	Средне-статистическое	72	42	3,00	43,4	0,11
населения:	Средне-геометрическое	65,1	34,4	3,00	45,3	0,11
1455	Стандартное отклонение	20,1	17,7	11,0	131	0,33
	Минимум	11	2	0,160	6,5	0,02
	Максимум	130	85	180	2200	5,50
	Нижний квартиль	60	29	1,40	23,0	0,06
	Верхний квартиль	83	54	6,10	85,3	0,21
Злынка	Среднее	66,7	38,7	7,80	116	0,29
Группа	Средне-статистическое	70	39	4,00	67	0,17
населения:	Средне-геометрическое	62,0	31,6	4,10	65,4	0,16
998	Стандартное отклонение	21	19,3	12,0	172	0,43
	Минимум	10	2	0,160	7,3	0,02
	Максимум	120	96	170	1990	5,0
	Нижний квартиль	59	25	1,70	31,9	0,08
	Верхний квартиль	80	53	8,70	132	0,33

Таблица 3-4 (продолжение)

Населенный пункт	Статистическое значение	Вес (кг)	Возраст (годы)	Суммарная нагрузка на тело от ^{137}Cs (кБк)	Удельная нагрузка на тело от ^{137}Cs (кБк)	Годовая доза, исходя из удельной нагрузки на тело (мЗв)
			УССР			
Далета	Среднее	55,84	22,0	23,0	396	0,99
Группа	Средне-статистическое	55	16	15,0	279	0,70
населения:	Средне-геометрическое	49,1	16,2	12,0	249	0,62
194	Стандартное отклонение	25,2	16,4	30,0	425	1,1
	Минимум	13	2	0,280	13,3	0,03
	Максимум	115	67	320	3750	9,4
	Нижний квартиль	35	10	5,60	135	0,34
	Верхний квартиль	78	31	31,0	524	1,3
Овруч	Среднее	69,3	38,6	13,0	185	0,46
Группа	Средне-статистическое	72	42	5,00	77,9	0,20
населения:	Средне-геометрическое	64,5	32,7	5,70	88,1	0,22
1153	Стандартное отклонение	20,9	16,9	25,0	353	0,89
	Минимум	11	3	0,300	8,2	0,02
	Максимум	130	80	280	4060	10
	Нижний квартиль	62	28	2,30	37,6	0,09
	Верхний квартиль	83	52	13,0	182	0,46
Полесское	Среднее	73,9	36,8	5,70	76,2	0,19
Группа	Средне-статистическое	75	36	2,20	29,9	0,08
населения:	Средне-геометрическое	70,1	32,2	2,50	35,0	0,09
1003	Стандартное отклонение	19,8	15,8	12,0	158	0,40
	Минимум	14	3	0,170	5,3	0,01
	Максимум	140	76	170	1960	4,9
	Нижний квартиль	65	26	0,820	13,4	0,03
	Верхний квартиль	85	50	5,33	70,6	0,18
Ракитное	Среднее	67,1	33,9	10,0	143,9	0,36
Группа	Средне-статистическое	70	35	5,30	77,4	0,19
населения:	Средне-геометрическое	63	29,0	5,30	83,6	0,21
1320	Стандартное отклонение	20,1	15,6	15,0	203	0,51
	Минимум	13	2	0,170	9,0	0,02
	Максимум	120	76	180	2524	6,30
	Нижний квартиль	59	24	2,30	42,3	0,11
	Верхний квартиль	80	45	12,0	163	0,41

что поступление радиоактивности было постоянной величиной. В расчетах годовой дозы при переводе удельной нагрузки на тело в уровень дозы использовался коэффициент 2,5 μЗв/г на Бк/кг. В будущем годовая доза будет снижаться пропорционально снижению уровня содержания цезия в окружающей среде.

Предполагается логнормальное распределение результатов для каждой конкретной группы населения, т. е. логарифм переменной x имеет нормальное распределение. Переменной в этом случае является удельная нагрузка на тело. Сравнение распределения удельной нагрузки на тело для каждого населенного пункта с оценкой наилучшего подбора логнормального распределения представлены на рис. 3-3. Понятно, что существует различная степень согласованности данных по разным населенным пунктам, а в некоторых случаях на результаты оказывают влияние и нестатистические показатели. Одним

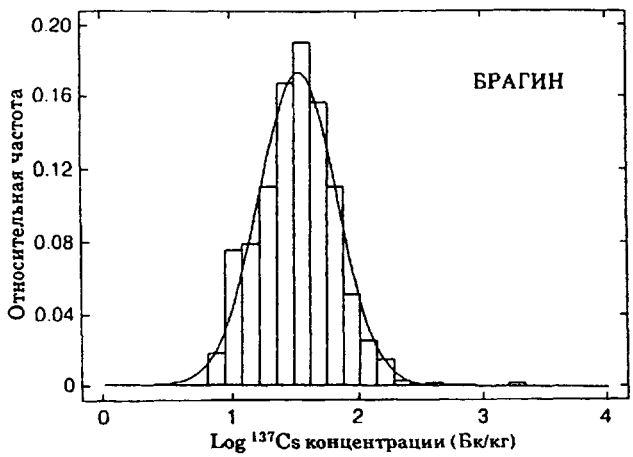


Рис. 3-3а. Частотное распределение логарифма концентрации цезия-137 в теле человека. Результаты измерений, выполненных в отдельных населенных пунктах в рамках Международного проекта. Брагин

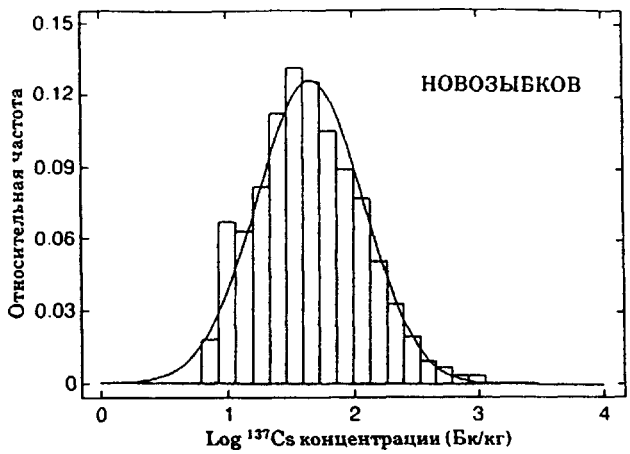


Рис. 3-3г. Частотное распределение логарифма концентрации цезия-137 в течеле человека. Результаты измерений, выполненных в отдельных населенных пунктах в рамках Международного проекта. Новозыбков

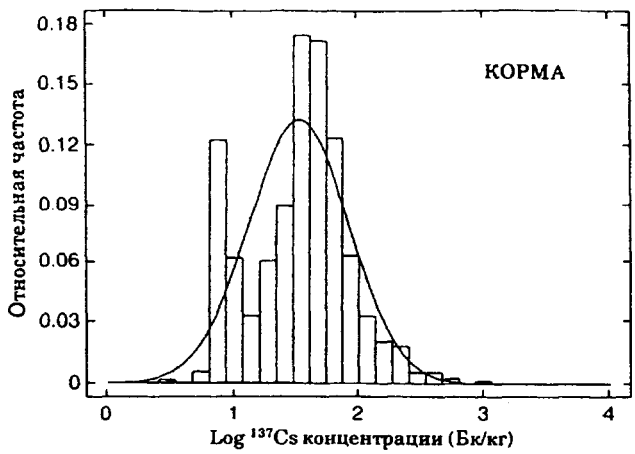


Рис. 3-3б. Частотное распределение логарифма концентрации цезия-137 в теле человека. Результаты измерений, выполненных в отдельных населенных пунктах в рамках Международного проекта. Корма

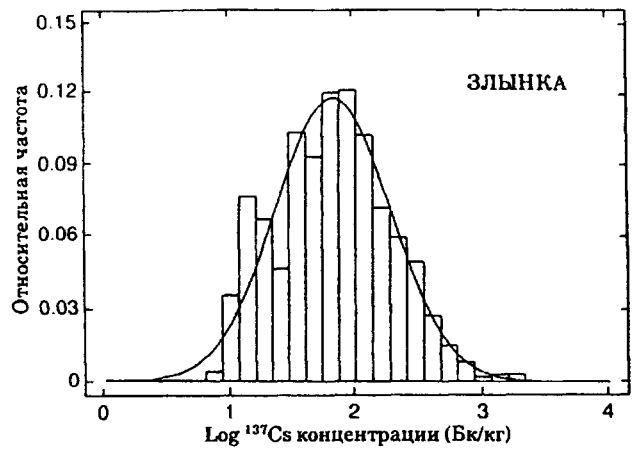


Рис. 3-3д. Частотное распределение логарифма концентрации цезия-137 в теле человека. Результаты измерений, выполненных в отдельных пунктах в рамках Международного проекта. Злынка

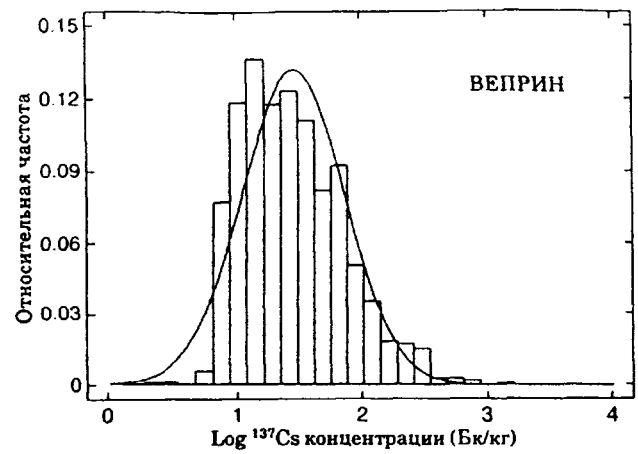


Рис. 3-3в. Частотное распределение логарифма концентрации цезия-137 в теле человека. Результаты измерений, выполненных в отдельных населенных пунктах Международнародго проекта. Веприн

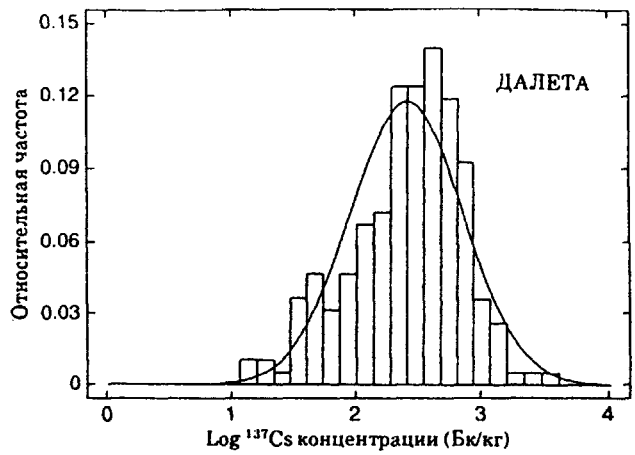


Рис. 3-3е. Частотное распределение логарифма концентрации цезия-137 в теле человека. Результаты измерений, выполненных в отдельных населенных пунктах в рамках Международного проекта. Далета

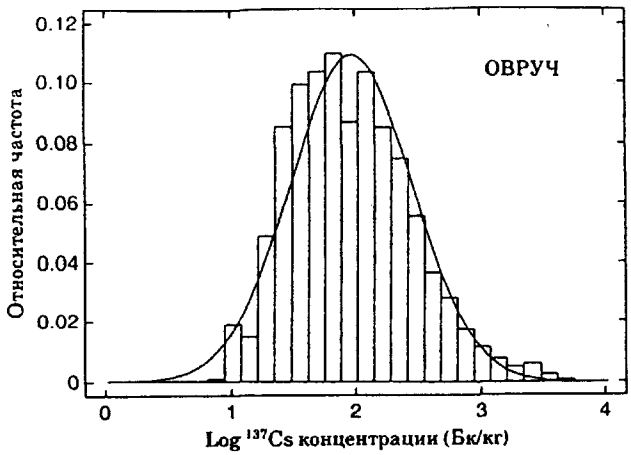


Рис. 3-3ж. Частотное распределение логарифма концентрации цезия-137 в теле человека. Результаты измерений, выполненных в отдельных населенных пунктах в рамках Международного проекта. Овруч

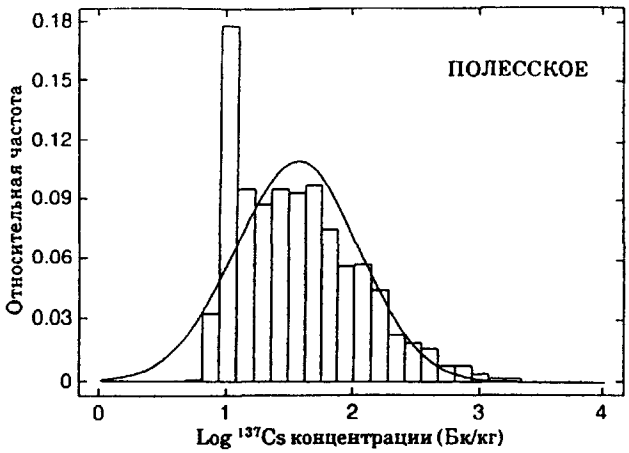


Рис. 3-3з. Частотное распределение логарифма концентрации цезия-137 в теле человека. Результаты измерений, выполненных в отдельных населенных пунктах в рамках Международного проекта. Полесское

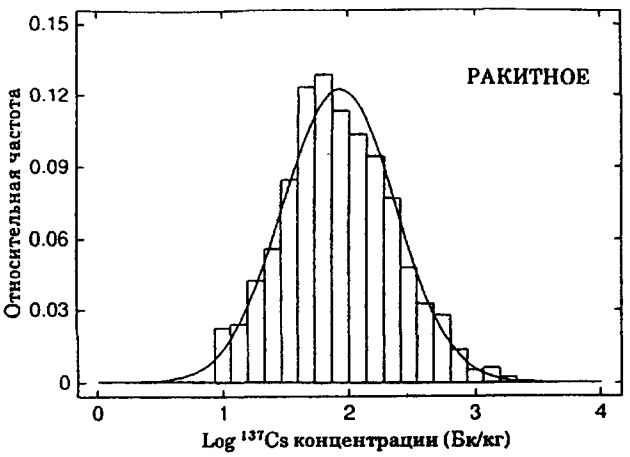


Рис. 3-3и. Частотное распределение логарифма концентрации цезия-137 в теле человека. Результаты измерений, выполненных в отдельных населенных пунктах в рамках Международного проекта. Ракитное

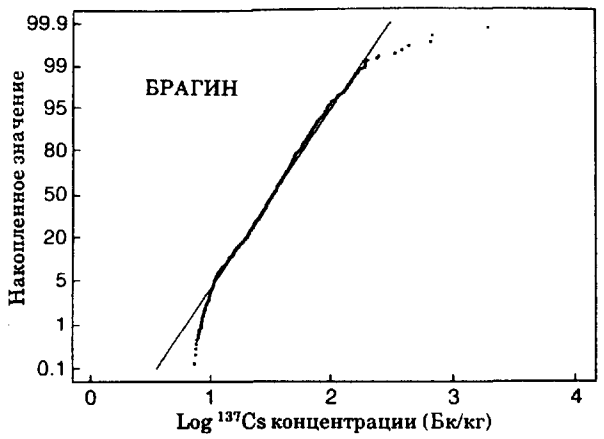


Рис. 3-4а. Логнормальное вероятностное распределение концентрации цезия-137 в теле человека в 1990 году. Результаты измерений, выполненных в отдельных населенных пунктах в рамках Международного проекта. Брагин

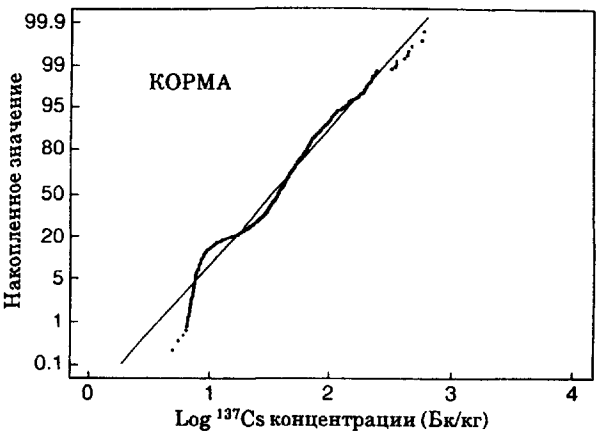


Рис. 3-4б. Логнормальное вероятностное распределение концентрации цезия-137 в теле человека в 1990 году. Результаты измерений, выполненных в отдельных населенных пунктах в рамках Международного проекта. Корма

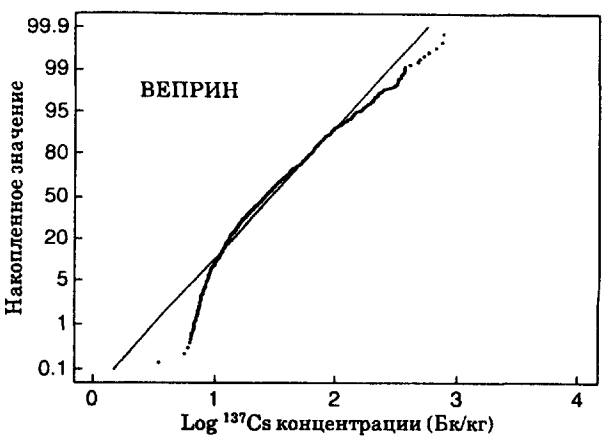


Рис. 3-4в. Логнормальное вероятностное распределение концентрации цезия-137 в теле человека в 1990 году. Результаты измерений, выполненных в отдельных населенных пунктах в рамках Международного проекта. Веприн

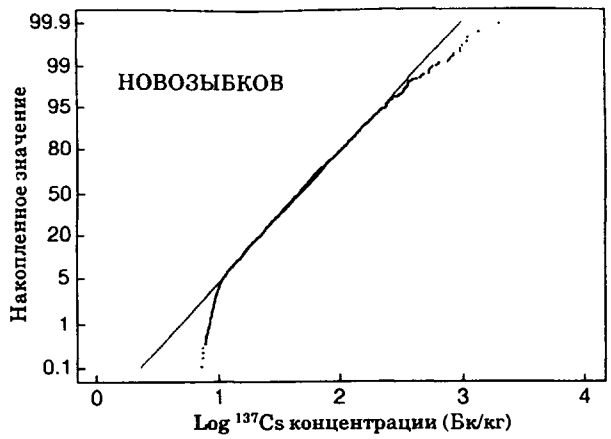


Рис. 3-4г. Логнормальное вероятностное распределение концентрации цезия-137 в теле человека в 1990 году. Результаты измерений, выполненных в отдельных населенных пунктах в рамках Международного проекта. Новозыбков

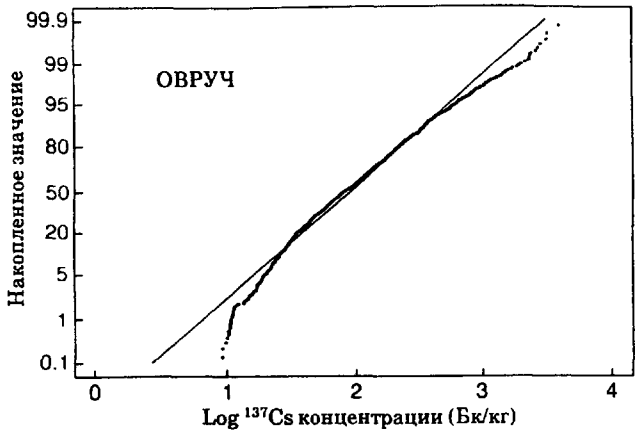


Рис. 3-4ж. Логнормальное вероятностное распределение концентрации цезия-137 в теле человека в 1990 году. Результаты измерений, выполненных в отдельных населенных пунктах в рамках Международного проекта. Овруч

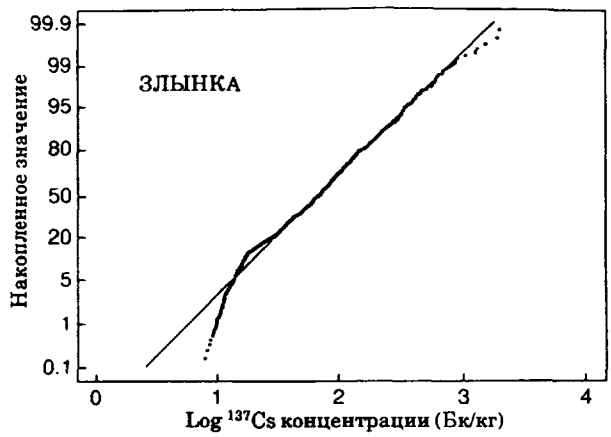


Рис. 3-4д. Логнормальное вероятностное распределение концентрации цезия-137 в теле человека в 1990 году. Результаты измерений, выполненных в отдельных населенных пунктах в рамках Международного проекта. Злынка

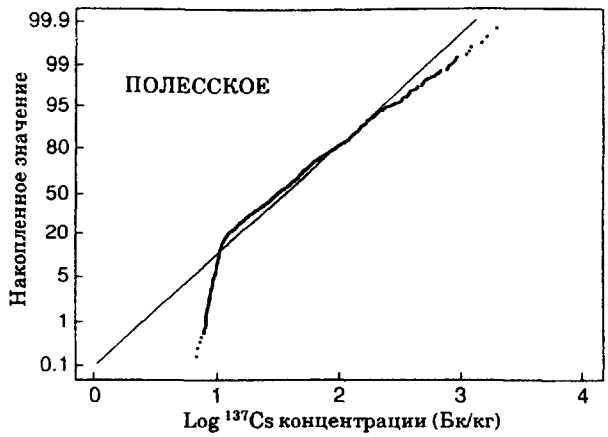


Рис. 3-4з. Логнормальное вероятностное распределение концентрации цезия-137 в теле человека в 1990 году. Результаты измерений, выполненных в отдельных населенных пунктах в рамках Международного проекта. Полесское

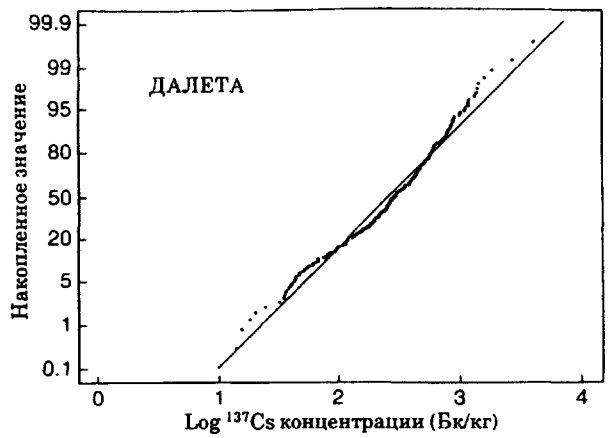


Рис. 3-4е. Логнормальное вероятностное распределение концентрации цезия-137 в теле человека в 1990 году. Результаты измерений, выполненных в отдельных населенных пунктах в рамках Международного проекта. Далета

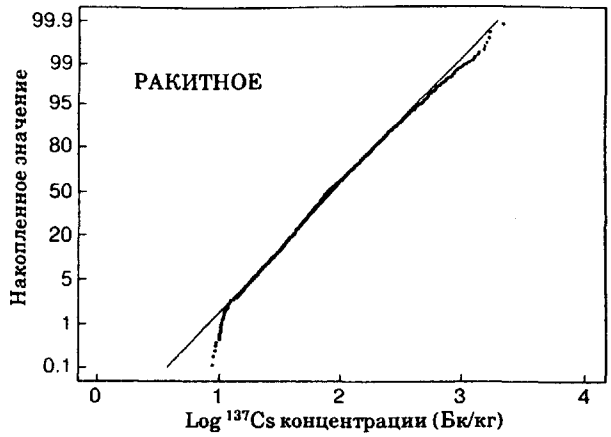


Рис. 3-4и. Логнормальное вероятностное распределение концентрации цезия-137 в теле человека в 1990 году. Результаты измерений, выполненных в отдельных населенных пунктах в рамках Международного проекта. Ракитное

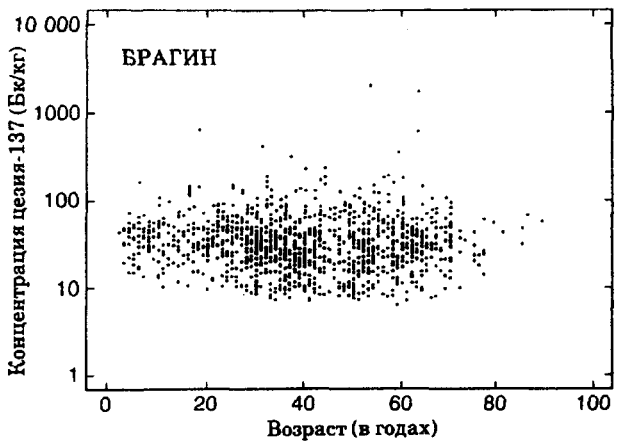


Рис. 3-5а. Диаграмма разброса концентрации цезия-137 в теле человека в зависимости от возраста. Результаты измерений, выполненных в отдельных населенных пунктах в рамках Международного проекта. Брагин

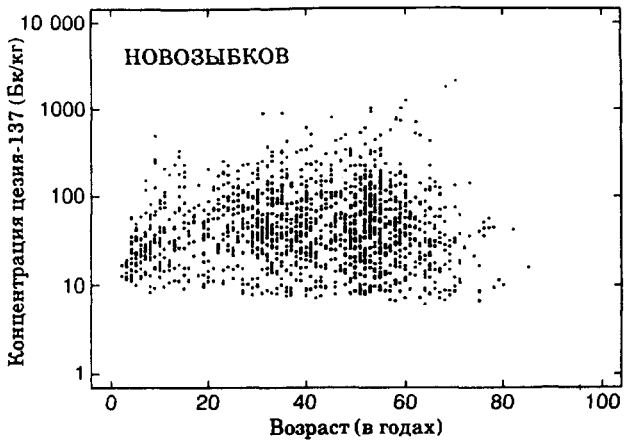


Рис. 3-5г. Диаграмма разброса концентрации цезия-137 в теле человека в зависимости от возраста. Результаты измерений, выполненных в отдельных населенных пунктах в рамках Международного проекта. Новозыбков

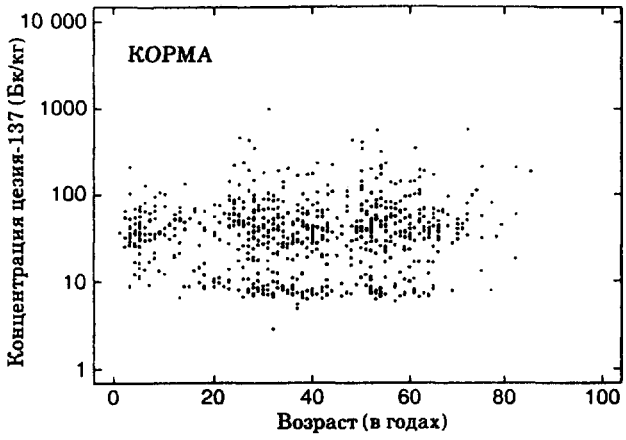


Рис. 3-5б. Диаграмма разброса концентрации цезия-137 в теле человека в зависимости от возраста. Результаты измерений, выполненных в отдельных населенных пунктах в рамках Международного проекта. Корма

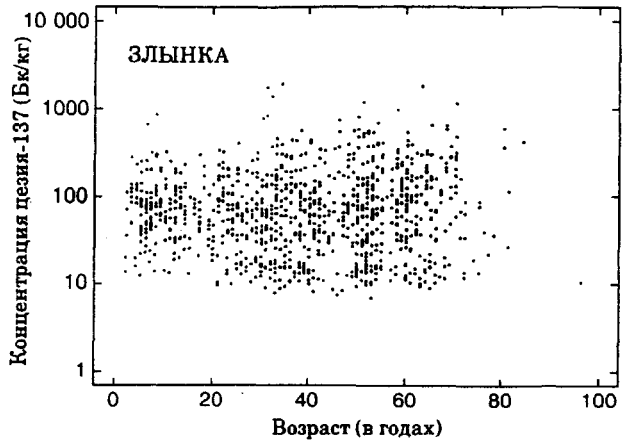


Рис. 3-5д. Диаграмма разброса концентрации цезия-137 в теле человека в зависимости от возраста. Результаты измерений, выполненных в отдельных населенных пунктах в рамках Международного проекта. Злынка

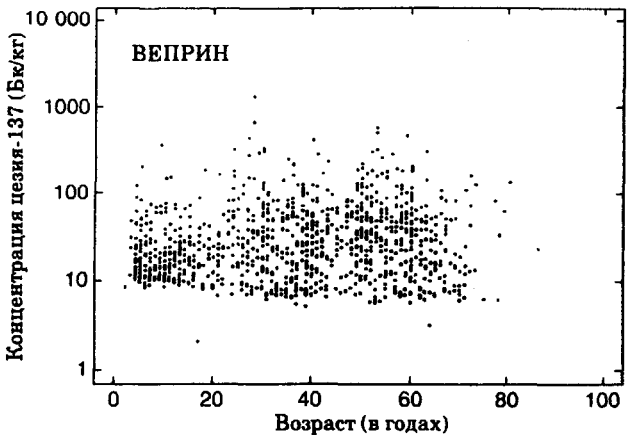


Рис. 3-5в. Диаграмма разброса концентрации цезия-137 в теле человека в зависимости от возраста. Результаты измерений, выполненных в отдельных населенных пунктах в рамках Международного проекта. Веприн

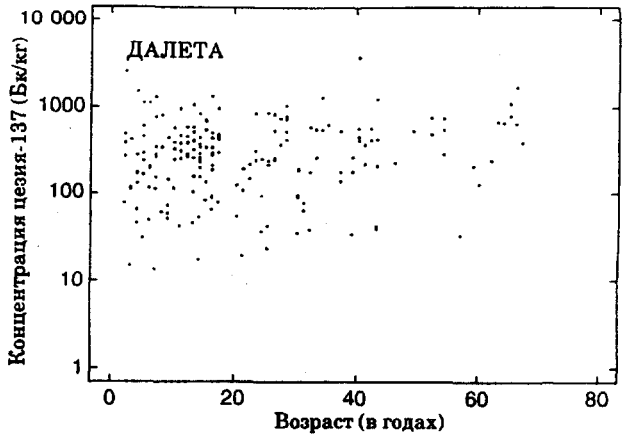


Рис. 3-5е. Диаграмма разброса концентрации цезия-137 в теле человека в зависимости от возраста. Результаты измерений, выполненных в отдельных населенных пунктах в рамках Международного проекта. Далета

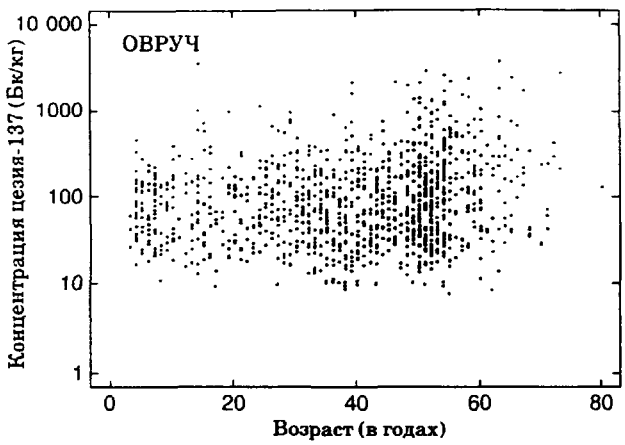


Рис. 3-5ж. Диаграмма разброса концентрации цезия-137 в теле человека в зависимости от возраста. Результаты измерений, выполненных в отдельных населенных пунктах в рамках Международного проекта. Овруч

из таких влияний является присвоение значения предела обнаружения тем измерениям, результаты которых были на границе предела обнаружения или ниже этого предела. Такая практика, естественно, приводит к завышению результатов измерения низкой активности.

Последствия этого становятся более понятными при рассмотрении рис. 3-4, где представлены графики накопленной нормальной вероятности логарифма удельной нагрузки на тело. Наложенные поверх прямые линии отражают предполагаемое логнормальное распределение для групп населения в отсутствие дополнительных факторов. Данные графики также демонстрируют отклонение от ожидаемого распределения при высоких значениях удельной нагрузки на тело. Причина такого отклонения однозначно не определена. Возможным объяснением может быть то, что отклонения являются результатом несоблюдения небольшой подгруппой населения ограничений в рационе питания, введенных местными компетентными органами, или несоблюдение режима питания (например, употребление большого количества грибов), которое способствует более высоким нагрузкам на тело у этой подгруппы.

Распределение годовых доз рассчитывалось путем умножения удельной нагрузки на тело на постоянный дозовый коэффициент. Нет необходимости иллюстрировать эти результаты отдельно, так как они изменяются точно так же, как и значения удельной нагрузки на тело.

Распределение в зависимости от возраста является очень важным фактором, но на диаграммах разброса, показанных на рис. 3-5, большой зависимости от возраста не наблюдается.

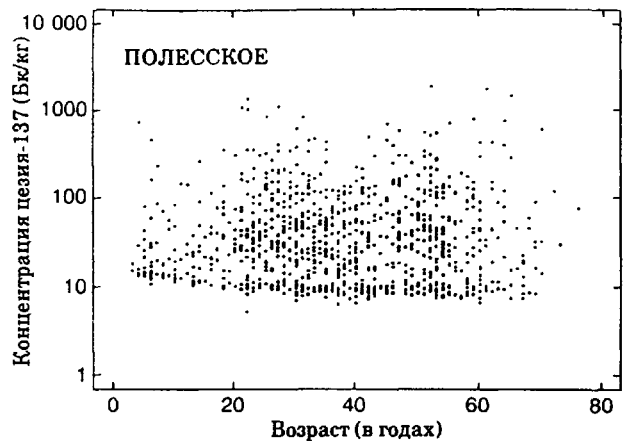


Рис. 3-5з. Диаграмма разброса концентрации цезия-137 в теле человека в зависимости от возраста. Результаты измерений, выполненных в отдельных населенных пунктах в рамках Международного проекта. Полесское

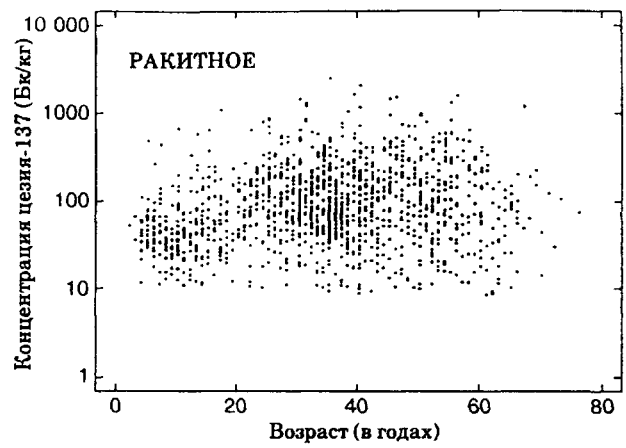


Рис. 3-5и. Диаграмма разброса концентрации цезия-137 в теле человека в зависимости от возраста. Результаты измерений, выполненных в отдельных населенных пунктах в рамках Международного проекта. Ракитное

Приложение 4

Взаимное сравнение счетчиков излучения человека

Во время поездки в СССР в августе 1990 года группа пришла к выводу, что было бы полезным проведение взаимного сравнения счетчиков СССР, МАГАТЭ и Австрии, которые использовались для in vivo измерений содержания цезия-137 с целью подтверждения данных широкомасштабных обследований населения.

МАГАТЭ способствовало получению стандартного фантома взрослого человека из лаборатории Баттелль Пасифик Нортвест (США). В лаборатории использовались фантомы типа "Буш" и "Балонный", заполненные твердым заменителем из полиуретановой ткани и равномерно помеченные цезием-137 (рис. 4-1). На момент проведения взаимного сравнения общее количество цезия-137 составляло 11 170 Бк (0,3 μКи). Твердая матрица была необходима для того, чтобы избежать практических проблем, связанных с обращением с радиоактивной жидкостью при транспортировке. Основную обеспокоенность вызывала точность измерения уровня содержания цезия у детей, но оказалось невозможным найти стандартный фантом ребенка с твердой матрицей.

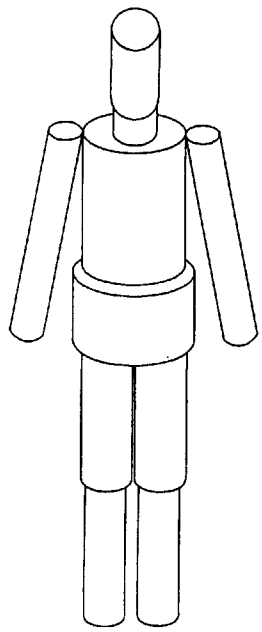


Рис. 4-1. Балонный калибровочный фантом

Порядок проведения взаимного сравнения

Измерения выполнялись с помощью передвижных установок СИЧ, принадлежащих ЦСЗИИ, МАГАТЭ и Австрийскому национальному исследовательскому центру в Зайберсдорфе в течение недели начиная с 17 сентября 1990 года. После проведения взаимных сравнений фантом был отправлен в СССР и использовался в различных учреждениях. Программа взаимного сравне-

Таблица 4-1

Участники программы МАГАТЭ по взаимному сравнению измерений на установках СИЧ и их характеристики

Институт	Место размещения	Тип счетчика	Детектор	Фоновый уровень по ^{137}Cs (счет/с)
Институт биофизики	Москва	стул, СІВ-2	Ge, 100 см^3	
		кресло, СІВ-1	NaI, 350 см^3	1,2
Министерство здравоохранения	Минск	стул, QBM-1	NE 110, 5100 см^3	
		кресло, СІВ-1	NaI, 1770 см^3	24,8
	Чериков	кресло, СІВ-1	NaI, 200 см^3	4,9
	Краснополье	стул	NaI, 1310 см^3	3,2
Институт морского транспорта	Ленинград	кресло	NaI, 200 см^3	1,8
Институт радиационной гигиены	Новозыбков	кресло, СІВ-1	NaI, 200 см^3	1,7
ВНЦРМ	Киев	стул	NaI, 2060 см^3	8,6
Министерство здравоохранения	Киев	кресло	NaI, 200 см^3	5,1

Таблица 4-2

Результаты взаимного сравнения измерений фантомов, проведенных в советских институтах, в Австрии и на передвижной установке

Институт, предоставивший отчет и/или тип счетчика	Измеренная активность (Бк/кг)						
	Балонный фантом	Фантом младенца	Фантом ребенка	Фантом взрослого	Фантом-мешок с сушеным горохом		
	74 кг	10,8 кг	24,3 кг	63 кг	15,5 кг	27,7 кг	58,4 кг
СССР 1[а]	148						
СССР 2	138						
СССР 3	190						
СССР 4	132	3420	3500	3120			
СССР 5	165	3390	3390	3330			
СССР 6	120	3900	3910	2840			
СССР 7	160	4210	4350	3900			
СССР 8	165						
СССР 9	90	4110	3340	3520			
СССР 10		4800		2640			
СССР 11		4450		2520			
СССР 12	172	3090	3060	3380			
СССР 13	109	3220	3340	2960			
Авто 1[б]	160						
Авто 2	148						
Авто 3	152						
Авто 4	136						
МАГАТЭ[в]	120	2150	2360	2190	477	507	485
АИЦ[г]	130	3850	3810	3220	684	610	673
Реперное	151	3190[в]	3190[в]	3190[в]		570[д] 587[е] 574[ж]	

[а] Институты в СССР обозначаются только номерами.
[б] Номер прибора передвижной установки.
[в] Установка в лаборатории МАГАТЭ в Зайберсдорфе.
[г] Установка в Австрийском центре исследований в Зайберсдорфе.
[д] Значение, принятое в СССР.
[е] Значение, принятое в МАГАТЭ.
[ж] Значение, принятое в Австрийском центре исследований.

ния была завершена к декабрю 1990 года измерением двух советских фантомов в Зайберсдорфской лаборатории МАГАТЭ. Перечень советских организаций, принимавших участие в программе взаимного сравнения установок и их характеристик, приводится в табл. 4–1.

Измерение советского фантома в Зайберсдорфе

По предложению МАГАТЭ два советских фантома были доставлены в Зайберсдорф в декабре 1990 года. Один фантом в виде блока был достав-

лен из Ленинградского института морского транспорта, а другой (мешок с сушеным горохом) из Всесоюзного научного центра радиационной медицины, г. Киев. Было проведено измерение эквивалентных конфигураций обеих фантомных систем, представлявших (а) маленького ребенка, (б) ребенка в возрасте около 10 лет и (в) взрослого человека небольшого роста. Кроме того, был исследован фантом из сушеного гороха из Киева. Измерения производились на установке МАГАТЭ и в Австрийском центре исследований. Следует отметить, что установка МАГАТЭ предназначена только для исследования взрослых людей и не имеет специальной калибровки для исследования детей. В Австрийском центре исследований также обычно проводят исследования только взрослых людей. В связи с этим результаты выполненных исследований с использованием фантомов детей должны рассматриваться отдельно.

Результаты

Данные о результатах измерений по взаимному сравнению фантомов представены в табл. 4–2. Результаты, полученные по взаимному сравнению советских приборов, не раскрывались конкретно по каждому прибору. Этим и вызвано то, что советские институты в табл. 4–2 обозначаются только цифрами. При этом каждый советский институт получил полную картину результатов взаимного сравнения, а также конкретные данные по их приборам.

Выводы

В МАГАТЭ нет конкретных критериев оценки характеристик установок СИЧ. Однако, качество полученных при взаимном сравнении результатов можно сравнить с требованиями, заложенными в брошюре Серии по безопасности № 84 МАГАТЭ "Основные принципы радиационного контроля профессиональных работников", параграф 4.1.5, где сказано: "В случае регулярного контроля внешнего облучения людей приемлемая относительная неопределенность при определении годовой эквивалентной дозы, которая находится в диапазоне 1/5 производного предела, составляет −50% и +100% при доверительном уровне 95%. Если значения составляют порядка годовых пределов, относительная неопределенность не должна превышать −33% и +50% при уровне доверительности 95%..." "В принципе, подобные требования должны использоваться и при регулярном контроле на внутреннее загрязнение, но на практике вряд ли возможна 50-процентная неопределенность".

В 5 из 36 измерений, данные которых были представлены советскими институтами (табл. 4–2), результаты имели отклонение от реперных значений ±30%. Один из результатов был почти на 50% выше реперного значения. В последнем случае измерения проводились с неэкранированным датчиком, используя фантом, согнутый в позиции "Маринелли".

На основании анализа результатов взаимного сравнения можно сделать разумный вывод, что участвовавшие в сравнении институты в состоянии проводить измерения содержания цезия в организме с приемлемой точностью и в соответствии с принципами радиационной защиты.

Следует также отметить, что в четырех из пяти случаев отклонения от реперного значения на ±30% использовались фантомы, представляющие детей. Хотя эти отличия и не слишком значительны, необходимо уделять больше внимания калибровке приборов при обследовании детей.

Приложение 5

Различие коэффициентов переноса из почвы в растения

Выпадение радионуклидов на землю (на почву и растения) является основным, а во многих случаях и единственным звеном пищевой цепочки, способствующим переносу радиоактивности из окружающей среды в организм человека (кроме потерь при переработке продуктов). Сразу после аварии (в течение первых нескольких недель) радиоактивность, содержащаяся в сельскохозяйственных культурах, может перейти в организм человека и животных. В дальнейшем происходит миграция активности с поверхности почвы и растений вглубь почвы (в результате процессов, происходящих в окружающей среде). Часть имеющейся в почве активности забирается корневой системой растения и переносится в его надземную часть. Для короткоживущих радионуклидов, таких как йод-131, долговременный процесс не имеет значения, так как они в основном распадаются еще до того, как попадают в корневую систему, и в целом играют меньшую роль по сравнению с выпадением на поверхность растения долгоживущих радионуклидов. Однако, в течение ряда лет после аварии именно через корневую систему растений в основном и попадали радионуклиды цезия и стронция (другой путь поступления активности в растения идет через их надземную часть в результате дождей или взвешенных в атмосфере радиоактивных частиц почвы). Особенно важным является перенос цезия из почвы в пастбищные или кормовые культуры с учетом их значения при производстве молока и мяса, которые также являются возможным путем поступления радиоактивности в организм человека. Величина переноса зависит от различных факторов: физико-химических характеристик радиоактивных частиц, "возраста" радиоактивного загрязнения, химических характеристик составляющих радионуклидов, агрохимических и физических характеристик почвы, типов растений, а также метеорологических и климатических условий [1].

Учитывая большое количество разнообразных факторов, трудно с уверенностью прогнозировать коэффициент переноса из почвы в растение. Коэффициент переноса определяется отношением удельной активности радионуклида в сухой массе овощей (Бк/кг) к плотности активности данного радионуклида в почве (Бк/м^2) и, соответственно, измеряется в м^2/кг.

Определению данного коэфициента для широкого набора условий уделяется очень большое значение в советских научно-исследовательских работах, с тем чтобы установить взаимосвязь между различными факторами и процессом переноса. Несмотря на то, что сложно точно прогнозировать концентрацию содержания радионуклидов в растениях, полученные в настоящее время данные по результатам исследований указывают на экспоненциальную зависимость кислотности почвы от содержания в ней органических веществ. Кроме того, очевидно, что наличие глины, воды и других веществ в почве также имеет важное значение. Данные о зависимости кислотности почвы приводятся в табл. 5-1. Для указанных в таблице культур и продуктов животного происхождения от животных, которые выпасались на пастбищах с соответствующим типом почвы, следует отметить, что на более

Таблица 5-1

Зависимость коэффициента переноса цезия от активности почвы [2]

Продукт	Коэффициент переноса (10^{-3} м^2/кг		
	Кислотность почвы 4,5–5,5	Кислотность почвы 5,6–6,5	Кислотность почвы 6,6–7,5
Молоко	0,4–3,2	0,2–0,5	0,2
Мясо	1,2–1,8	0,6	0,3–0,6
Сено	15–20	5–7	2
Клевер	0,8–2,9	0,3	0,1
Озимая пшеница	0,5	0,2	0,05

Таблица 5-2

Перенос цезия из почвы в луговую траву [2]

Тип почвы	Коэффициент переноса (10^{-3} м^2/кг)
Песчано-подзолистые	4–21
Глинисто-подзолистые	1,3
Светло-подзолистые, песчаные	2,6
Луговые, песчаные	2–10
Торфяные	30–80
Торфяно-болотистые	190

кислых почвах поглощение цезия растениями более высокое (почвы с pH среды от 4,5 до 5,5 на порядок отличались от почв с кислотностью от 6,6 до 7,5).

Хотя и имелось понимание связи между различными факторами и уровнем поступления цезия в растения, однако сочетание отдельных факторов может привести к неожиданно высоким коэффициентам переноса. До сих пор нет полного понимания причин такого явления и самого механизма перехода цезия из почвы в растение. В табл. 5–2, наряду с другими данными, приводится пример высокого коэффициента переноса цезия из почвы в луговую траву. Перенос в пастбищную траву, растущую на торфяно-болотистых почвах, на два порядка выше чем для глинисто-подзолистых почв. На территории СССР, подвергшейся воздействию чернобыльской аварии, есть значительные массивы земли с торфяными почвами, на которых выпасается скот из индивидуальных домашних хозяйств, и на подобных территориях перенос цезия в продукты животного происхождения может быть относительно высоким.

Типы почв, их кислотность, содержание органических веществ и т. п. в различных регионах были различными, что приводило к различиям в переносе радиоактивного цезия из почвы в сельскохозяйственные культуры. Например, в табл. 5–3 приводятся данные за 1988 год по поглощению цезия-137 различными культурами в двух районах УССР с различными почвенными и климатическими условиями. Даже в пределах одного географического района с учетом местных особенностей, связанных с упомянутыми выше факторами, трудно было составить правильные выводы.

Кроме того, на перенос цезия из почвы в растения оказывает влияние присутствие в почве известняка, цеолитов и удобрений, которые могут на порядок снизить коэффициент переноса цезия в зависимости от типа почвы, ее кислотности и других факторов, механизм действия которых до сих пор полностью не понятен. Перенос стронция из почвы в растения отличается большим постоянством (по сравнению с цезием), но данных на этот счет гораздо меньше.

Таблица 5-3

Коэффициент переноса ($К_д$) при поглощении цезия различными культурами на территории УССР [3]

Тип культуры	Продукт	Коэффициент переноса (10^{-3} м^2/кг)	
		Лесные массивы Полесья	Лесостепь
Озимая рожь и пшеница	Зерно	0,15	0,02
	Солома	0,24	0,13
Ячмень, овес	Зерно	0,10	0,02
	Солома	0,14	0,08
Кукуруза	Зерно	0,11	0,03
	Силос	0,43	0,54
Кормовые культуры	Клевер	1,0	0,53
	Люцерна	0,26	0,51
Картофель (очищенный)		0,23	0,15

Литература к Приложению 5

[1] VETROV, V.A., et al., "Radiation and migration characteristics of the Chernobyl radionuclides causing environmental contamination in various provinces in the European Sector of the USSR", Environmental Contamination following a Major Nuclear Accident (Proc. Symp. Vienna, 1989), Vol. 1, IAEA, Vienna (1990) 179–192.

[2] PRISTER, B.S., Oral presentation at IAEA Radioecology Seminars, Kiev, January 1991.

[3] KIRCHMANN, R., Agricultural Countermeasures Taken in the Chernobyl Region and Evaluation of the Results. Report by the International Union of Radioecologists, Commission of the European Communities, Luxembourg (1990).

Часть Е
Воздействие на здоровье населения

Содержание

1. Введение 329
   1.1. Цели 329
   1.2. Объем исследования последствий аварии для здоровья 329
   1.3. План работы группы международных экспертов по задаче 4 330

2. План выезда группы экспертов в населенные пункты 331
   2.1. Общие замечания 331
   2.2. Выбор населения для обследования 332
   2.3. Выбор населенных пунктов для обследования 334
   2.4. Методология контроля качества 335
   2.5. Ограничения в работе выездных групп экспертов 336
   2.6. Протоколы и методология в миссиях 8–10 338
   2.7. Порядок обследования пациентов 344

3. Результаты работы выездных групп экспертов 349
   3.1. Биологическая дозиметрия 349
   3.2. Вопросы гематологии и иммунологии 357
   3.3. Щитовидная железа и эндокринология 374
   3.4. Сердечно-сосудистая система 395
   3.5. Общее состояние здоровья 401
   3.6. Психологические последствия аварии 409
   3.7. Питание 427
   3.8. Помутнение хрусталика и катаракты радиационной этиологии 453
   3.9. Злокачественные новообразования. Общее описание 454
   3.10. Лейкозы 458
   3.11. Новообразования в щитовидной железе 460
   3.12. Другие формы новообразований 463
   3.13. Генетические последствия аварии и эффекты на развитие плода 466

4. Радиологический риск для здоровья в будущем 473
   4.1. Отрицательные последствия для здоровья 473
   4.2. Оценка отрицательных последствий для здоровья 474

5. Краткий обзор и выводы 477

Данные, представленные Министерством здравоохранения СССР и различными институтами группе международных экспертов, выполняющих задачу 4 в рамках Международного чернобыльского проекта 479

Оборудование, материалы и услуги, которыми пользовались выездные группы медицинских экспертов 481

Литература 482

Приложение. Перечень аналитических лабораторий и методов 488

1. Введение

1.1. Цели

Основные цели Задачи 4 Международного чернобыльского проекта (Последствия аварии для здоровья) заключались в:

(а) определении состояния здоровья населения, проживающего в настоящее время в загрязненных населенных пунктах;
(б) определении того, какие нарушения состояния здоровья, если они имеются, связаны с чернобыльской аварией, но не связаны с облучением;
(в) определении того, какие последствия для здоровья, если они имеются, непосредственно связаны с облучением;
(г) определении того, какие последствия для состояния здоровья можно ожидать в будущем вследствие различных вмешательств и предпринятых в будущем контрмер.

Задача 4 была предусмотрена только для тех людей, которые на момент обследования проживали за пределами 30-километровой зоны в загрязненных населенных пунктах. Она не распространялась на состояние здоровья лиц, которые уже были эвакуированы или переселены, персонала станции или лиц, проводивших работы по дезактивации.

В настоящее время имеются три контрольные зоны, выделенные на основании уровней выпадения цезия (<5–15 Ки/км^2 (185–555 кБк/м^2); 15–40 Ки/км^2 (555 кБк/м^2–1,48 МБк/м^2); >40 Ки/км^2 (>1,48 МБк/м^2)). Загрязненные районы расположены в различных областях, а в населенных пунктах имеются "горячие пятна". В целом, в наиболее загрязненных областях показатель составляет около 100 Ки/км^2 (3,7 МБк/м^2) по цезию-137. Однако, как правило, люди постоянно проживают после аварии в населенных пунктах, где уровни загрязнения превышают 40 Ки/км^2 (1,48 МБк/м^2) по цезию-137.

Уровень содержания цезия в организме в некоторых районах с низкой степенью загрязнения выше, чем в областях с высокой степенью загрязнения. В некоторых случаях это обусловлено особенностями почвы и коэффициентами переноса в почве и организме животных в различной местности, а также тем фактом, что отдельные жители вопреки официально обнародованным ограничениям продолжают потреблять в пищу загрязненные продукты питания.

В большинстве районов отсутствуют промышленные предприятия и имеется большое количество деревень и поселков. Общее число населенных пунктов в зонах строгого контроля в СССР составляет около 800. Во многих, если не в большинстве случаев, в городах отсутствует асфальтовое покрытие улиц. Загрязненные районы несколько необычны не только из-за отсутствия промышленных предприятий, но и из-за особых социальных структур, существовавших веками, а также из-за того, что жизнь и социальная структура основаны на местном сельском хозяйстве. Если сельскохозяйственные работы в этой местности будут прекращены, трудно представить, как смогут существовать эти маленькие населенные пункты.

Возникает сложная проблема в связи с тем, что в настоящее время население связывает все нарушения состояния здоровья с облучением. Следует отметить, что до разработки Международного чернобыльского проекта две международные группы (Всемирная организация здравоохранения и Лига Обществ Красного Креста и Красного Полумесяца) совершили ознакомительные поездки в районы, пострадавшие в результате чернобыльской аварии (см. Часть А). Их заключение сводилось к тому, что наблюдались психологические последствия аварии, но отсутствовали непосредственные последствия облучения для здоровья. Ни одна из групп не проводила ни подробного исследования состояния здоровья населения, ни тщательного анализа советских данных.

1.2. Объем исследования последствий аварии для здоровья

В рамках Проекта планировалась (Задача 4) оценка состояния здоровья населения, которое по-прежнему проживало в загрязненных районах. Кроме того, предусматривалась оценка возможных последствий облучения для здоровья или других последствий аварии. Группа экспертов не проводила изучение состояния здоровья людей, занимавшихся работами по дезактивации и принимавших участие в восстановительных работах после аварии, а также не проводила обследование состояния здоровья переселенных в другие районы людей. Основанием для этого послужил тот факт, что эти 2 группы людей, как

правило, уже не подвергались облучению. Население, находившееся в загрязненных областях с момента аварии и по-прежнему проживавшее там, продолжало подвергаться радиационному воздействию.

Цель первых миссий заключалась в получении и анализе максимально возможного объема советских данных за несколько месяцев. Международные эксперты не ставили перед собой задачу встретиться с каждым ученым или врачом в каждом городе, а в большей степени стремились получить представление об общей картине, сложившейся в каждой из трех пострадавших от аварии республик.

Выезды группы экспертов в населенные пункты предназначались для подтверждения советских данных, если это было возможным, и для изучения некоторых вопросов, которые не были комплексно проанализированы советскими учеными, но могли оказаться важными. Выезды групп экспертов в населенные пункты были ограничены временем, количеством экспертов и имевшимся оборудованием. Таким образом, внимание в ходе поездок было сконцентрировано на оценке основных и наиболее важных данных, которые представлялось возможным оценить в конкретных условиях за 2 дня в каждом населенном пункте.

Во время первых миссий были проведены сбор и оценка советских данных по следующим проблемам, вызывающим озабоченность населения:

— Дозиметрия.
— Анемия.
— Иммунитет.
— Функция щитовидной железы.
— Зоб.
— Данные по рождаемости.
— Воздействие на плод и генетические эффекты.
— Радиационные катаракты.
— Статистические данные по общему состоянию здоровья.
— Интоксикация свинцом.
— Питание.
— Профилактика препаратами стабильного йода.
— Регистрация состояния здоровья.
— Статистические данные по раку.
— Психологические аспекты.

Они также использовались для разработки и оценки анкеты для обследования населения при выезде экспертов в населенные пункты, а также для логического обоснования выезда групп экспертов в населенные пункты.

Выезды групп международных экспертов в населенные пункты были сконцентрированы на следующих вопросах:

— Настроения.
— Эффекты стресса.
— Питание.
— Профилактика препаратами стабильного йода.
— Гематологические данные.
— Интоксикации свинцом.
— Параметры роста.
— Функция щитовидной железы.
— Структура щитовидной железы.
— Предшествующий медицинский анамнез.
— Общее физикальное обследование.
— Ограниченные цитогенетические исследования.

1.3. План работы группы международных экспертов по задаче 4

У целевой группы 4 имелся следующий общий план работы:

(а) Провести беседы с жителями загрязненных населенных пунктов и местными врачами, чтобы узнать, какие проблемы вызывают у них озабоченность в настоящее время (миссия 1).

(б) Подготовить и представить предложение о цели поездки и о проблемах, вызывающих озабоченность у населения и правительства (миссия 2).

(в) Выделить и обсудить с советскими учеными и врачами данные, полученные ими за последние 4,5 года (миссия 3).

(г) Провести работу по обучению советских специалистов в области здравоохранения (миссия 4).

(д) Оценить состояние питания в настоящее время (миссия 5).

(е) Направить международных экспертов в СССР с целью проанализировать отдельные данные с представившими их учеными и врачами (миссия 6). Основной целью было убедиться в том, что наши эксперты правильно интерпретировали советские данные.

(ж) Подготовить и откалибровать оборудование и провести обучение персонала для выездной работы (миссия 7).

(з) Разработать и применить эпидемиологически обоснованный метод обследования жителей загрязненных районов для оценки состояния их здоровья в настоящее время, а также для обследования населения соседних с незначительным уровнем загрязнения районов (миссии 8, 9 и 10).

Структура этой части Технического доклада отличается от структуры остальных частей. В этой части в связи с рассмотрением большого количества различных технических вопросов каждый из них будет рассматриваться отдельно. Каждый раздел, посвященный одной проблеме, разделен на следующие подразделы: обоснование, обзор советских данных, результаты выездов группы международных экспертов в населенные пункты и заключение по соответствующим вопросам.

Выводы и рекомендации представлены в Части 3 Технического доклада.

Перечень данных, предоставленных советскими учеными и компетентными организациями, приведен в Библиографии, как и список опубликованных работ, на которые в тексте имеются ссылки.

2. План выезда группы экспертов в населенные пункты

2.1. Общие замечания

Выезды группы международных экспертов в населенные пункты (миссии 8–10) были предназначены для ознакомления с проблемами, вызывающими озабоченность у населения, и предполагаемыми последствиями облучения для здоровья по данным советских ученых, врачей и общественности, а также с целью определения эффектов облучения, зарегистрированных в других исследованиях, не связанных с чернобыльской аварией. Ниже представлены темы (разбивка приблизительная) и некоторые предварительно полученные комментарии:

1. Дозиметрия

— Цитогенетика
Почти полностью отсутствуют советские данные. Было необходимо получить анализы для определения верхней границы оценки дозы на все тело.

2. Гематологические данные

— Анемия
О ней сообщалось в исследованиях советских ученых. По мнению некоторых советских ученых, анемия связана с ограничениями в рационе питания, введенными после аварии.
— Интоксикация свинцом
Упоминается в большинстве населенных пунктов. Возможна вследствие сброса свинца в реактор. Сообщалось о наличии анемии у некоторых детей в БССР. В тяжелых случаях может вызвать развитие анемии.
— Иммунная функция
Упоминается как проблема, вызывающая озабоченность советских врачей и населения. Также упоминается как причина повышения уровня всех заболеваний. Известно, что лимфоциты чувствительны к облучению. Некоторые советские врачи сообщали о лимфоцитозе.

3. Щитовидная железа

— Зоб
Указывается, что все районы являются областью зобной эндемии. Советские врачи указывали на увеличение размеров щитовидной железы почти у 70% населения некоторых областей.
— Узлы
Известно, что узлы могут быть вызваны облучением. Латентный период, как правило, превышает 10 лет. Планируется установление исходной распространенности для проведения последующих исследований.
— Функциональное состояние
Сообщение о случаях гипотиреоза.
— Результаты ультразвукового исследования
Советские врачи сообщили об обнаружении патологических изменений при ультразвуковом исследовании.

4. Катаракты

Сообщается, как о проблеме, вызывающей озабоченность советских врачей и жителей населенных пунктов.

5. Эпидемиология и рак

— Лейкоз
— Рак щитовидной железы
Советскими учеными сообщалось об увеличении уровня заболеваемости в обоих случаях.
— Другие формы рака
В средствах массовой информации сообща-

лось об увеличении распространенности всех форм рака. Некоторые советские ученые сообщают об увеличении распространенности всех форм рака.

6. Сердечно-сосудистая система

Сообщения местных врачей об увеличении распространенности всех форм заболеваний сердечно-сосудистой системы в загрязненных областях.

7. Плод и генетика

Проблемы, вызывающие озабоченность и у населения, и у местных врачей. Известно, что плод является более радиочувствительным, чем взрослые люди.

8. Общие заболевания

Некоторые советские ученые и средства массовой информации сообщают об увеличении распространенности почти всех заболеваний.

9. Психологические аспекты

Большое количество сообщений о радиофобии. Сообщения о заболеваниях, связанных со стрессом, таких, как язвенная болезнь, головные боли и артериальная гипертензия.

10. Питание

Неполноценное питание советских людей может привести к развитию многих заболеваний. Отдельные замечания о дефиците микроэлементов в организме.

В состав каждой группы международных экспертов входили специалисты по эффектам облучения, педиатрии, гематологии, заболеваниям щитовидной железы, ультразвуковому исследованию щитовидной железы и внутренним болезням. В одной поездке также участвовал эксперт по психологическим/психиатрическим проблемам. В состав группы входили 3–4 административных работника, обеспечивавших организацию работы. В проведении экспертного анализа и в выездах в населенные пункты в составе групп международных экспертов участвовали представители ВОЗ.

Миссии 8–10 (Задача 4) предназначались только для оценки данных. Всех лиц, у которых имелись показания для проведения дальнейшего обследования или лечения, направляли в местные лечебные учреждения. По возможности результаты, полученные группами экспертов, сразу же вносились в местные медицинские карты.

2.2. Выбор населения для обследования

Поскольку группы международных экспертов могли обследовать только относительно небольшую часть из сотен тысяч людей, которые могли пострадать от аварии, важное значение имел тщательный выбор населения для обследования. Это было выполнено на основании прогнозируемых клинических проблем и с использованием хорошо известного метода перекрестного выбора.

Были выбраны следующие группы:

Группа 1: **дети в возрасте 2 лет.** Родились в 1988 г. (после аварии). Группа была выбрана для исследования: анемии, интоксикации свинцом, возможного рахита, нарушений рациона питания.

Группа 2: **дети в возрасте 5 лет.** Родились в 1986 г. (новорожденные дети в момент аварии). Группа была выбрана для исследования: функционального состояния щитовидной железы в связи с поступлением внутрь радиоактивного йода, изучения рациона питания.

Группа 3: **дети в возрасте 10 лет.** Родились в 1980 г. Группа была выбрана для исследования: аспектов эндемического зоба и состояния здоровья в целом.

Группа 4: **лица в возрасте 40 лет.** Родились в 1950 г.

Группа 5: **лица в возрасте 60 лет.** Родились в 1930 г. Группа была выбрана для исследования: аспектов общего состояния здоровья, цитогенетических данных у лиц, работавших на открытом воздухе.

Группы 1–5 представляли собой исследуемые группы, они были выбраны по дате рождения.

В маленьких населенных пунктах выбор людей для обследования проводился по году рождения. Во многих маленьких населенных пунктах уровень рождаемости составлял около 40–50 рождений в год. Объем выборки из 20 человек был

использован для охвата более 40% возрастной группы. В более крупных населенных пунктах дата рождения определялась с точностью до нескольких месяцев в конкретном году. Во всех населенных пунктах, где проводилось обследование, размеры выборки составляли от небольшой (10%) до значительной (80%) части определенного возрастного контингента. Все данные о дате рождения были подтверждены при изучении медицинских карт пациентов. Это удалось выполнить в 11 из 13 населенных пунктов.

Состав группы 6 населения был определен местными органами здравоохранения, в нее были включены лица, которые хотели пройти обследование, или лица с патологическими изменениями, выявленными в местных лечебных учреждениях.

Первоначально для обследования в каждом населенном пункте в состав каждой группы предполагалось включить 20 пациентов. Их количество несколько различалось и составляло минимально от 17 и максимально до 24 человек в зави-

Таблица 1

Количество лиц, обследованных группой экспертов-врачей

Республика	Населенный пункт	Группа 1	Группа 2	Группа 3	Группа 4	Группа 5	Группа 6	Всего
		Год рожд. 1988	Год рожд. 1985	Год рожд. 1980	Год рожд. 1950	Год рожд. 1930	Другие	
БССР	Брагин[a]	25	31	25	25	17	45	168
	Кировск	22	23	19	21	19	35	139
	Ходосы	23	20	26	25	18	38	150
	Веприн[a]	14	23	25	8	14	29	113
	Корма[a]	18	23	22	20	19	27	129
РСФСР	Унеча	26	21	26	22	22	3	120
	Сураж	20	20	20	22	20	0	102
	Новозыбков[a]	21	22	21	23	21	1	109
	Злынка[a]	24	27	26	19	20	2	118
УССР	Троковичи	17	22	23	9	18	68	157
	Народичи[a]	23	19	22	19	19	5	107
	Полесское[a]	22	21	20	22	19	5	109
	Красиловка, Кемер	19	21	21	21	20	33	135
Всего		274	293	296	256	246	291	1656
БССР	Обследованный загрязненный	57	77	72	53	50	101	410
	Обследованный контрольный	45	43	45	46	37	73	289
РСФСР	Обследованный загрязненный	45	49	47	42	41	3	227
	Обследованный контрольный	46	41	46	44	42	3	222
УССР	Обследованный загрязненный	45	40	42	41	38	10	216
	Обследованный контрольный	36	43	44	30	38	101	292
Всего	Обследованный загрязненный	147	166	161	136	129	114	853
	Обследованный контрольный	127	127	135	120	117	177	803

[a] Населенный пункт в загрязненном районе.

симости от наличия пациентов и стремления экспертов осуществить максимально возможный объем выборки в рамках имевшихся материалов для проведения полного обследования.

В каждом населенном пункте всего было обследовано около 250 лиц. Всем им проводилось полное обследование, за исключением пациентов из группы 6, которым не всегда проводили полное обследование, поскольку они обратились самостоятельно; часто у них имелось какое-либо заболевание, по поводу которого они хотели получить консультацию, но в этом случае имеющихся у нас запасов материалов не хватило бы до окончания миссий. Данные по этой группе (самостоятельно обратившиеся лица) не были использованы в заключительном анализе, кроме указания на возможную необъективность результатов при включении их в анализ.

Поскольку после аварии могла происходить миграция жителей между населенными пунктами, каждому человеку был отдельно задан вопрос относительно места их проживания в момент аварии, в течение месяца после аварии и до момента обследования. Эти данные были проанализированы в качестве возможного усложняющего анализ фактора с использованием компьютерной программы.

Сотрудники министерства здравоохранения каждой республики сообщили местным врачам каждого населенного пункта о необходимости оповещения всех отобранных для обследования лиц. Кроме того, представители местных организаций здравоохранения посещали группы международных экспертов в обследуемых населенных пунктах до приезда последних в их населенные пункты. Это позволяло соответствующим образом заранее подготовить рабочие места, а представителям местных органов власти и врачам — получить представление о характере работы группы экспертов в их населенном пункте.

В табл. 1 представлено по группам количество обследованных лиц в группах с 1 по 6 из обследованных загрязненных населенных пунктов (Брагин, Веприн и Корма в БССР, Новозыбков и Злынка в РСФСР и Народичи и Полесское в УССР), а также из обследованных контрольных населенных пунктов. В таблице продемонстрировано, что всего обследовано 1656 лиц, из которых 853 проживали в обследованных загрязненных населенных пунктах, а 803 — в контрольных населенных пунктах.

2.3. Выбор населенных пунктов для обследования

Все населенные пункты для обследования были выбраны руководителем целевой группы 4. Советскими компетентными организациями были выполнены все просьбы по посещению этих населенных пунктов. Были выбраны населенные пункты с населением от 2000 до 50 000 человек. Выбирались достаточно небольшие населенные пункты с тем, чтобы обследованные лица представляли довольно значительный процент профиля всего населения. Кроме того, в небольшом населенном пункте было проще установить контакты с каждым человеком, а рацион питания и плотность загрязнения были относительно одинаковыми. С другой стороны, населенные пункты должны были быть относительно большими, чтобы в них имелся местный врач и недалеко находилась поликлиника. Группа международных экспертов посетила не менее двух населенных пунктов в каждой республике, где уровни загрязнения цезием-137 превышали 15 Ки/км^2 (555 кБк/м^2). В одном загрязненном населенном пункте часть жителей была переселена. Всего группой международных экспертов были обследованы семь загрязненных населенных пунктов.

Контрольные населенные пункты были выбраны в районах, прилегающих к загрязненной территории. Все они находились на расстоянии не менее 20 км от районов с уровнями загрязнения цезием-137 1 Ки/км^2 (37 кБк/м^2). Обследование было проведено в шести таких населенных

Таблица 2

Число жителей и рождаемость в отобранных населенных пунктах

Республика	Населенный пункт	Общее число жителей	Год	Рождаемость в год
БССР	Брагин	5 888	1989	55
	Кировск[a]	10 000	1990	150
	Ходосы[a]	2 400	1990	35
	Веприн	1 048	1986	7
	Корма	7 201	1989	100
РСФСР	Унеча[a]	14 000	1990	200
	Сураж[a]	5 000	1990	60
	Новозыбков	49 400	1988	600
	Злынка	5 600	1988	75
УССР	Троковичи[a]	4 500	1990	45
	Народичи	6 334	1989	60
	Полесское	11 800	1989	160
	Красиловка Чемер[a]	2 500	1990	40

[a] Оценка.

пунктах. Эти населенные пункты также выбирались по принципу радиального распределения относительно загрязненных районов и численности населения не более 50 000 человек. В контрольных населенных пунктах обследование проводилось группой экспертов МАГАТЭ по окружающей среде (Задача 2) для подтверждения низких уровней загрязнения в этих пунктах. Во всех контрольных населенных пунктах средняя мощность дозы внешнего облучения составляла менее 0,15 μЗв/ч. В этих контрольных районах также проводилось исследование проб хлеба, молока, овощей и мяса. При анализе, как и предполагалось, были обнаружены низкие уровни загрязнения. Подробные результаты этих исследований представлены в Части Г.

В некоторых случаях на период с 1986 по 1989 гг. Министерством здравоохранения были предоставлены статистические демографические данные по населению. Они представлены в табл. 2. В отдельных случаях данные о численности населения и уровне рождаемости были представлены местными органами власти и главным врачом.

2.4. Методология контроля качества

Процесс выбора лиц для обследования и формирования определенных возрастных групп позволил избежать искажения результатов, связанных с произвольным выбором лиц или их выбором местным врачом с учетом имеющегося заболевания.

Чтобы избежать предвзятости в оценках результатов обследования выездными группами экспертов, каждая группа посещала как загрязненные, так и контрольные населенные пункты. Населенные пункты посещались в случайной последовательности каждой из трех групп экспертов (миссии 8–10). Последовательность посещения была следующей:

Миссия 8: Контрольный населенный пункт, Троковичи.
Загрязненный населенный пункт, Народичи.
Загрязненный населенный пункт, Полесское.
Контрольный населенный пункт, Красиловка, Чемер.

Миссия 9: Контрольный населенный пункт, Унеча.
Контрольный населенный пункт, Сураж.
Загрязненный населенный пункт, Новозыбков.
Загрязненный населенный пункт, Злынка.

Миссия 10: Загрязненный населенный пункт, Брагин.
Контрольный населенный пункт, Кировск.
Контрольный населенный пункт, Ходосы.
Загрязненный населенный пункт, Веприн.
Загрязненный населенный пункт, Корма.

Все результаты обследования врачом помечались кодом этого врача, чтобы впоследствии оценить элемент субъективности.

Чтобы избежать различия в результатах обследований или лабораторных анализов из-за использования различного оборудования, использовалось одинаковое оборудование для проведения одного обследования во время всех трех выездов групп международных экспертов в населенные пункты. Чтобы избежать технических различий между различными операторами, каждый день использовались стандарты или руководство по калибровке приборов перед выездом в населенные пункты; это осуществлялось в течение всей работы. Чтобы свести к минимуму различия, зависившие от работы операторов, к работе во всех выездах привлекался один оператор (как в случае анализа гематологических показателей на установке Кутлера Т 660) или было задействовано минимальное количество операторов. Проводилось специальное обучение этих операторов; они работали вместе в течение первых двух недель для отработки стандартного протокола записи данных (как в случае ультразвукового исследования щитовидной железы).

Все четыре переводчика получили инструкции от руководителя группы перед выездом в населенные пункты относительно точного значения и смысла каждого вопроса в анкете. Одни и те же четыре переводчика работали в течение шести недель при выездах в населенные пункты и помогали местным жителям правильно заполнить анкеты. Чтобы избежать искажения результатов, обусловленных местными условиями, местный медицинский персонал населенных пунктов не привлекался к общению с обследуемыми лицами при заполнении ими анкет.

Чтобы избежать различий в полученных результатах, связанных с материалами, при выездах во все населенные пункты использовались наборы для радиоиммунологического анализа, предметные стекла, реактивы, пробирки для

исследований и т. д. из одной партии. Это указано в представленных протоколах.

Все лабораторные исследования, которые не проводились на месте, были выполнены в одной и той же лаборатории. Для всех анализов имелись анализ-дубликат и контрольный анализ. Подробности были внесены в каждый протокол.

Каждый анализ метился только собственным номером. Для каждого обследованного лица имелся полученный на компьютере комплект меток, закрепленный на анкете. Имелось шесть таких меток для каждого обследованного лица. Комплект меток был приколот к анкете, и метки использовались по мере необходимости. Использование компьютерных меток позволило избежать написания от руки номеров пациентов. Каждая метка была напечатана на бумаге, на обратной стороне которой имелся слой водостойкого клея, чтобы метки не отклеились с анализов при хранении в холодильнике или морозильной камере. Каждый номер был единственным, и последняя цифра в нем была кодовой. Кодовая цифра соответствовала математическому алгоритму номера обследуемого лица. Контрольная цифра позволяла провести проверку любой написанной от руки цифры с точки зрения правильности или перестановки цифр. До получения и исследования всех анализов в рамках проекта корреляция кодовых цифр и фамилии обследуемого лица или населенного пункта была известна только д-ру Меттлеру и д-ру Ройялу.

Чтобы избежать искажения результатов, интерпретация и проведение анализа выполнялись одними специалистами, а сбор данных — другими. Данные анкет записывались на компьютерную ленту опытными специалистами из Онкологического регистра Нью-Мексико, которые не имели представления о том, какие населенные пункты были загрязненными, и не имели других обязанностей в рамках Международного чернобыльского проекта. Одна треть результатов вводилась два раза с целью проверки данных на наличие ошибки при введении на носитель. Было обнаружено наличие менее одной ошибки на 2000 записей. Данные записывались на магнитную ленту с плотностью 1600 бит/дюйм в кодах ASCII и EBCDIC. Данные для проведения независимого анализа были переданы в Великобританию и Японию. В качестве первого этапа анализа были выявлены нехарактерные показатели и переданы руководителю целевой группы для повторной проверки первоначальных данных. Это было сделано для устранения ошибок, внесенных при записи данных на носитель. Было выявлено менее 1 ошибки на 10 000 записей.

Перед началом эксплуатации оборудования советскими специалистами было проведено их обучение (Миссия 8). Перед началом использования установки Кутлера Т 660 для проведения гематологического анализа из Университетской клиники Нью-Мексико во Всесоюзный Научный Центр радиационной медицины (ВНЦРМ) в Киеве прибыл специалист для проведения недельного курса обучения советских специалистов. Кроме того, прибыл специалист из фирмы Coultronics (Париж) для калибровки установки и проведения дополнительного обучения. Перед выездом в населенные пункты несколько участников группы экспертов также прошли курсы обучения по рате, обращению и простому ремонту этой установки.

По всем обследованиям и проведенным процедурам заполнялись протоколы. В них были включены описания всех антропометрических данных, включая рост, массу тела больного и уровень кровяного давления. Такие же протоколы были составлены для всех лабораторных и физикальных исследований. Каждой выездной группе предоставлялся один день на ознакомление с обстановкой и обучение перед началом работы в населенных пунктах. Руководство всеми работами осуществлял д-р Меттлер.

Данные контроля качества, связанные с миссией группы экспертов по проблеме питания, представлены в разделе по проблемам питания настоящего доклада.

2.5. Ограничения в работе выездных групп экспертов

Несмотря на использование правильных методов рандомизации и составления выборки, стандартизации, независимого анализа результатов и т. д., следует отдавать себе отчет, что при проведении исследования существовали определенные ограничения.

В состав исследуемой выборки было включено около 1700 лиц из 13 населенных пунктов. Выборки, составленные из этих лиц, были статистически сравнимыми, чтобы представлялось возможным исследовать взаимосвязь между группами из загрязненных и контрольных районов. Исследование не представляло собой полный охват всех последствий облучения для здоровья населения в загрязненных и сравнимых незагрязненных населенных пунктах. Бесспорно, учитывая имевшиеся ресурсы, такой полный охват был бы невозможен. Более того, результаты, представленные в этом докладе, основаны на данных обследования выборки из конкретной группы населения. Если допустить, что обследуемые лица являются представительной выборкой из конкретной группы населения, то могут быть приме-

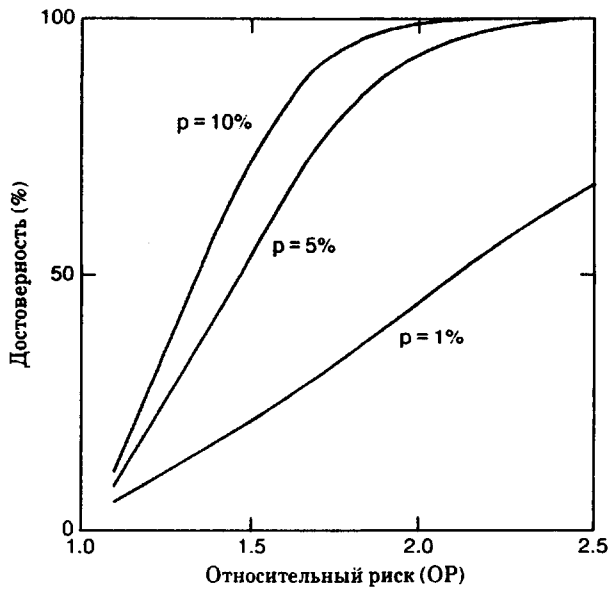


Рис. 1. Достоверность (вероятность) выявления различия между подвергшимся и не подвергшимся облучению населением на основании выборок по 700 лиц из каждой группы, когда статистическое исследование проводится на общепринятом 5-процентном уровне

нены стандартные статистические методы для оценки распространенности и проверки гипотез о различиях в распространенности последствий облучения для здоровья в исследуемых районах. Кроме того, статистические методы позволяют определить точность оценок распространенности этих последствий у населения и различий между загрязненными и контрольными населенными пунктами. Хотя статистическая значимость данного исследования в выявлении различий распространенности относительно редких состояний, т. е. менее 10%, ограничена малыми размерами выборки, полученная в настоящем исследовании информация может быть использована при планировании исследований в дальнейшем.

На рис. 1 представлена вероятность (достоверность) выявления различия между подвергавшимся облучению и не подвергавшимся облучению населением на основании данных выборок по 700 лиц из каждой группы, когда статистическое исследование выполняется на общепринятом уровне 5%. Из этого рисунка следует, что, если соответствующее последствие для здоровья имеется у 5% населения, не подвергавшегося облучению (распространенность = 5%), и облучение приводит к двукратному увеличению риска (относительный риск (ОР) = 2,0), то вероятность обнаружения этого различия превышает 90%. Если ОР составляет 1,5, то вероятность обнаружения различия незначительно превышает 50%. Если распространенность последствия для здоровья у населения, не подвергавшегося воздействию облучения, составляет 10%, то достоверность в нашем исследовании составляет почти 100% для определения ОР= 2,0 и около 70% для определения ОР = 1,5.

Время года, когда проводилось исследование, будет оказывать влияние на его результаты с точки зрения дозовой нагрузки (летом многие дети уезжают в пионерские лагеря). Также на состояние питания может оказывать влияние выбор времени года, что, в свою очередь, может в какой-то мере повлиять на степень тяжести анемии и на другие результаты. Представляется вероятным, что лучшие показатели состояния здоровья населения и, главным образом, детей, имеются на конец лета и период сбора урожая. Однако мы считаем маловероятным, что тяжелые нарушения в состоянии здоровья могут полностью исчезнуть под действием этого фактора, и не вызывает сомнения, что не будет наблюдаться влияние на сердечно-сосудистые и онкологические заболевания.

Наше исследование было ограничено сельскими населенными пунктами малого и среднего размера. Они были выбраны по принципу самых высоких уровней загрязнения и самой высокой вероятности обнаружения последствий облучения. Неизвестна та степень, с которой полученные результаты можно экстраполировать для крупных городов. Бесспорно могут существовать различия между сельской местностью и крупными городами (такими, как Гомель) с точки зрения загрязнения и рациона питания. Несомненно, в более крупных населенных пунктах и городах имеется более доступная и более квалифицированная медицинская помощь. Это может способствовать более высоким уровням выявления заболеваний на ранних стадиях в городах. Однако для некоторых из основных показателей состояния здоровья, вызывающих озабоченность, таких, как артериальная гипертензия, по-видимому, отсутствуют существенные различия в распространенности заболевания между обследованными населенными пунктами, а также Москвой и Ленинградом (см., например, последний раздел по артериальной гипертензии).

Если в будущем планируется проведение более глубоких исследований и сравнение результатов с результатами данной работы, следует использовать такую же методологию и проводить исследование в тех же населенных пунктах для получения обоснованных и сравнимых данных.

Поскольку эксперты проводили обследование определенных возрастных групп, данные о распространении различных заболеваний и полученные результаты относятся только к этой опре-

деленной возрастной группе, а не к населению в целом. Следует помнить, что цель исследования заключалась в поиске различий в состоянии здоровья в результате аварии, а не в определении точных уровней заболеваемости. Поскольку в контрольных и загрязненных населенных пунктах применялась одна и та же методология обследования, то искажение результатов в этом отношении, если оно возникнет, будет систематическим.

Не проводилось всестороннее обследование каждого больного. Например, не проводилось исследование органов малого таза и прямой кишки. В этом смысле полученные результаты относительно общей распространенности заболеваний у населения могут оказаться неполными. По-видимому, наши результаты отражают те показатели заболеваемости, которые можно выявить в правильно организованном скрининговом обследовании населения.

Результаты, полученные группами международных экспертов, отражают состояние здоровья в определенный период времени (сентябрь и октябрь 1990 г.). Возможно, уровни заболеваемости изменились за четыре года. Поэтому результаты, полученные международными экспертами, не всегда могут быть полностью сравнимыми с результатами, полученными советскими врачами в этих же населенных пунктах в другое время.

Результаты исследований международных экспертов были получены при использовании самой новой техники. Такой техникой советские врачи и ученые часто не располагали в прошлом. Поэтому полученные результаты нельзя сравнивать полностью. Однако, для некоторых параметров имелась достаточно высокая корреляция полученных результатов с данными работы, ранее проведенной советскими специалистами.

2.6. Протоколы и методология в миссиях 8–10

2.6.1. Анкета

2.6.1.1. Общие сведения

В качестве источника данных для идентификации больного и записи данных использовалась анкета на двух языках, написанная на одном листе. Анкета была составлена вместе с Институтом биофизики (Москва), ВНЦРМ в Киеве и министерствами здравоохранения республик. Анкета была распространена среди больных в советских клиниках и перед печатанием ее проанализировали четыре эпидемиолога (из Японии, Великобритании и США). В качестве формата использовался один складной лист бумаги, что позволило уменьшить вероятность потери части данных. Каждая анкета заполнялась больными сразу по прибытии на место обследования с помощью четырех переводчиков. Переводчикам разъяснили точный смысл и значение каждого вопроса. Все анкеты собирались и проверялись на полноту заполнения до ухода жителей с места обследования.

В протоколе выезда в населенные пункты содержались специальные инструкции по заполнению каждого пункта анкеты.

Вопросы 1–2

Населенный пункт
Точное название населенного пункта записывалось обследуемым лицом или сопровождавшими ребенка родителями. Кроме того, кодовый номер населенного пункта, где проводилось обследование, наносился на каждую анкету членами организационной группы.

Идентификация пациента
Для этого использовалась метка, напечатанная на компьютере. Первая метка снималась с блока меток и прикреплялась в верхней части анкеты. Другие метки снимались в определенном порядке для закрепления на анализах.

Вопросы 3–43

Эти вопросы относились к демографическим показателям, рациону питания больного и т. д. Эту часть анкеты обследуемые лица заполняли самостоятельно (группы 4 и 5) или родители или родственники детей (в группах 1–3).

Вопросы 44–72

Анамнез
Эта часть заполнялась самими пациентами, которые ответили на вопросы 3–43. Для детей (группы 1–3) сопровождавшие их лица вносили сведения, относящиеся только к детям.

Пункты 73–91

Медицинское обследование
Эта часть анкеты заполнялась международными экспертами. (См. часть протокола по специальной методологии.)

Пункт 92

Коды врачей
Врачи, обследовавшие пациентов, вносили свои коды.

2.6.1.2. Результаты лабораторных исследований

Пункты 93–108

Имелось три экземпляра результатов гематологического анализа, полученного на установке Кутлера. Первый экземпляр с результатами в день обследования передавался врачу из поликлиники для их внесения в амбулаторную карту больного. Вторая копия направлялась в Фонд изучения радиационных последствий в Японию. Третья копия распечатанного результата анализа, полученного на установке Кутлера, прикреплялась к анкете. Все результаты анализов крови изучались руководителем группы международных экспертов в конце каждого дня, и в случае патологически измененных результатов данные доводились до сведения местных работников здравоохранения до отъезда группы экспертов из населенного пункта или города. Результаты с третьей копии вводились в компьютер. Результаты исследования функции щитовидной железы, содержания свинца и данные микроскопического исследования также вводились в компьютер сразу после их получения.

2.6.1.3. Ультразвуковое исследование щитовидной железы

Пункты 109–113

Эти пункты заполнялись врачом из группы экспертов, который проводил исследование или присутствовал при его проведении, на основании результатов ультразвукового исследования в реальном масштабе времени. При обнаружении патологических изменений изображение получали на термочувствительной бумаге и прикрепляли его к анкете. Кроме того, для всех больных было получено изображение правой доли щитовидной железы на продольном срезе. При этом также получали размеры правой доли щитовидной железы и ее расчетный объем. Эти данные также прикреплялись к анкете.

С учетом целей данного исследования узел щитовидной железы определялся как "нарушение гомогенности эхо-структуры не менее 5 мм в диаметре". Данные об обнаруженных патологических изменениях и размерах щитовидной железы вносились в амбулаторную карту при её наличии.

2.6.1.4. Заключительная проверка

Она проводилась административной группой МАГАТЭ до ухода пациента с места обследования.

2.6.2. Рост

Рост больного измерялся в сантиметрах без обуви. Результат сразу же вносился в анкету.

2.6.3. Масса тела

Масса тела измерялась в килограммах, без обуви и верхней одежды. При взвешивании больным разрешали оставаться в рубашках, брюках, юбках, носках. Их просили вытащить из карманов тяжелые предметы.

2.6.4. Кровяное давление и пульс

Уровень кровяного давления измерялся врачом до получения анализа крови и физикального обследования. Выбранное для этого помещение было расположено на максимально возможном расстоянии от кабинета, где проводилась венепункция, с минимальным уровнем шума. Во всех случаях для детей моложе 10 лет применялся детский сфигмоманометр (манжетный).

Пульс на уровне плеча определялся у больного в положении сидя. Рукав закатывался выше уровня наложения манжеты; если рукав слишком перетягивал руку, больного просили снять рубашку. Рука располагалась на уровне сердца, и манжета накладывалась до накачивания. Скорость накачивания манжеты составляла 2–3 мм рт. ст. в секунду.

Для больных с уровнем диастолического давления > или = 90 мм рт. ст. или систолического давления > или = 140 мм рт. ст. проводилось повторное измерение с общим осмотром другим врачом приблизительно через 30 минут. Результаты повторного измерения (если они отличались) также вносились в анкету.

2.6.5. Физикальное обследование

Физикальное обследование проводилось врачом в присутствии переводчика. Женщина-переводчик присутствовала при обследовании всех пациенток женского пола.

Обследование включало опрос больного, данные о принимаемых им в настоящее время лекарственных препаратах и описание имеющихся в настоящее время симптомов. Проводилось исследование ушей, глаз, носа и гортани. Острота зрения не определялась. Проводилась аускультация сердца и легких, пальпация и аускультация брюшной полости, обследование кожных покровов, позвоночника и конечностей. Также проводилось общее неврологическое обследование с проверкой рефлексов. Исследование молочных желез, органов таза и прямой кишки не проводилось.

Наличие патологического изменения регистрировалось в тех случаях, когда проводивший обследование врач считал, что оно настолько существенно, что требует врачебного обследования в настоящий момент или последующего наблюдения врача, или лечения. Проводился просмотр всех анкет на соответствие стандартной форме.

2.6.6. Гематология

Всему персоналу, участвующему в получении и транспортировке анализов крови, рекомендовалось носить перчатки из латекса. Стерильность при взятии анализа крови из пальца или из вены соблюдалась с помощью спиртовых тампонов. Венопункция проводилась всем пациентам старше 2 лет. Детям в возрасте 2 лет пытались провести венопункцию; при невозможности ее выполнения с помощью скальпеля-копья получали анализ крови из пальца. Все анализы крови для исследования гормонов щитовидной железы и содержания свинца получали с помощью венопункции. Для забора анализов крови использовались одноразовые иглы и шприцы или одноразовые пробирки.

Анализ крови проводился на месте с использованием одной из двух установок Кутлера Т 660. Одна и та же установка использовалась для выполнения всех анализов, а вторая была резервной и не использовалась. В ходе всего выездного обследования работа со всеми анализами крови проводилась одним оператором. Перед выездом в населенные пункты оператор прошел недельный курс обучения работе на установке и ее ремонту. Все применявшиеся в работе реактивы поставлялись в специальной упаковке (Uni-T-Packs) и были предварительно смешаны (партия 12 905).

На установке Кутлера Т 660 производилось определение количества эритроцитов (Э), лейкоцитов (Л), гемоглобина (Hb), гематокрита (Гкт), среднего корпускулярного объема эритроцитов (СКО), количества тромбоцитов (Тр), количества лимфоцитов и % лимфоцитов. Для определения этих параметров использовались анализы крови объемом 0.1 мл и ЭДТА в качестве антикоагулянта.

Пробирки с ЭДТА были изготовлены фирмой Becton Dickinson, и для выполнения всех анализов использовалась одна партия (OS008). Микропробирки с ЭДТА, использовавшиеся для взятия анализов крови у маленьких детей, также были изготовлены фирмой Becton Dickinson (партия QE587). Все анализы выполнялись по три раза, с получением среднего значения. Для выполнения одного анализа требовалась одна минута. Чтобы избежать потери данных, все результаты сразу распечатывались в трех экземплярах. Один экземпляр прикреплялся степлером к анкете, другой отсылался в Фонд изучения радиационных последствий в Японию, а третий передавался местному врачу для внесения в амбулаторную карту больного.

Перед началом обследования ежедневно проводилась калибровка оборудования на стандартах указанных выше параметров в верхнем, нижнем и нормативном диапазонах. Установка не использовалась для выполнения анализа, пока оператором не были получены 24 результата исследований, не выходивших за переделы стандартных отклонений. Кроме того, ежедневно исследовали анализ крови руководителя группы для биологического контроля. Этот анализ повторно исследовался каждый час для определения возможного дрейфа калибровки. В соответствии с инструкциями изготовителя еженедельно проводился плановый профилактический осмотр установки. Установка всегда включалась в сеть только через стабилизатор напряжения сети и предохранительный блок. Исследование всех анализов крови проводилось в течение 15 минут после венопункции. Перед анализом они постоянно размешивались при помощи электрической мешалки.

Анализ мазков крови проводился на месте, при этом использовались покровные стекла, изготовленные в США. Все покровные стекла были новыми, они были изготовлены фирмой Clay Adams, филиалом фирмы Becton Dickinson. Для изготовления всех мазков использовалась одна партия (№ 2450).

Для каждого обследуемого лица были изготовлены два мазка. Стекла высушивались и

мазки окрашивались на месте с помощью зажима Копленда (Coplend), с использованием трехэтапного метода фиксирования и окрашивания. Красители и составы для фиксирования в целях обработки всех мазков относились к одной партии. На каждый препарат наносился карандашом номер обследуемого лица.

Во всех случаях один окрашенный мазок крови отсылался в ВНЦРМ в Киев. Второй препарат отправлялся в Фонд изучения радиационных последствий в Хиросимский университет (Институт исследований по радиационной медицине и биологии) в Хиросиму, Япония, для проведения дифференциального и микроскопического анализа. Некоторые мазки перед микроскопическим исследованием окрашивались повторно.

2.6.7. Функция щитовидной железы

2.6.7.1. Радиоиммунологический анализ

Исследование функции щитовидной железы включало определение уровней ТТГ и свободного Т4 с помощью радиоиммунологического анализа. Такое исследование функции щитовидной железы проводилось всем пациентам в группах 2–5. В некоторых случаях были выполнены анализы в группе 1 (дети в возрасте 2 лет), если детям проводилась венопункция. При этом врачи старались брать у детей необходимый для анализа минимальный объем крови, и при возможности для этого применялись микропробирки (а не обычные пробирки).

У всех пациентов в группах 2–5 анализы крови собирались в 3 мл пробирки темного стекла со слоем геля для отделения сыворотки. Для этой цели использовались пробирки SST для отделения сыворотки, изготовленные фирмой Becton Dickinson, взятые из одной партии (0B911). В течение 30 минут происходило свертывание анализов крови, которые затем центрифугировали со скоростью 4000 об/мин в течение 3–4 минут для разделения форменных элементов крови и сыворотки. На эти анализы наносились метки с компьютерным номером и индивидуальным номером пациента.

После центрифугирования проводилось исследование анализов крови. Для исследования брались только анализы, содержавшие не менее 1 мл сыворотки. Для группы 2 (возраст 5 лет) было получено максимально возможное количество анализов. Для каждой из групп 3–5 было отправлено не менее 5, а в лучшем случае 10 анализов. При этом для исследования направлялись анализы с наибольшим содержанием сыворотки.

В течение часа анализы находились в морозильной камере, а затем транспортировались в холодильнике на машине в ВНЦРМ для исследования. Все анализы были отправлены для исследования в течение 72 часов после их получения. В каждой партии анализов также имелся биологический стандарт, на котором имелась разработанная на компьютере метка с номером, известным только руководителю группы, и неизвестным проводившей исследование лаборатории.

Наборы для радиоиммунологического анализа были изготовлены фирмой Бектон и Дикинсон. Для ТТГ и свободного Т4 использовались системы компонентов в твердой фазе, меченные йодом-125.

Нормативный диапазон для ТТГ составлял 0,60–14,96 μЕд/мл, диапазон для гипертиреоза составлял 0,0–0,2 μЕд/мл, а диапазон для гипотиреоза — более 13,2 μЕд/мл (μЕд соответствует международным микроединицам на мл крови, при условии что гематокрит составляет 55%).

Нормативный диапазон для свободного Т4 составлял 0,7–1,7 нг/дл. Для гипертиреоза диапазон составлял 1,7–11,4 нг/дл и для гипотиреоза — 0,1–0,7 нг/дл. Для проведения исследований использовался аналитический спектрометр Gamma Trac 1191.

Во время первого выезда группа международных экспертов посетила лабораторию радиоиммунологического анализа в ВНЦРМ в Киеве для ознакомления с методологией радиоиммунологического исследования гормонов щитовидной железы. Во время этой поездки они познакомились с транспортировкой анализов в лаборатории, калибровкой приборов и получением кривых связывания. Более 90% всех анализов дублировались.

Для исследования функции щитовидной железы (ТТГ) вторым методом использовалась специальная сверхчистая фильтровальная бумага из хлопкового пуха без увлажняющих и упрочняющих добавок. Вся использованная для анализа фильтровальная бумага типа 903 была из одной партии (W891), изготовитель Schleicher and Schuell, Inc. К бумаге была прикреплена метка с личным номером больного. На фильтровальную бумагу наносилось количество крови, достаточное для заполнения специально напечатанного круга и пропитывания бумаги насквозь. Такие анализы крови на фильтровальной бумаге были получены для всех пациентов из групп 1–5 (в том числе и у детей в возрасте 2 лет).

Эта фильтровальная бумага высушивалась на воздухе, затем ее собирали и помещали в большой конверт коричневого цвета. Анализы хранились при низких температурах (но не замораживи-

вались) в темном месте. Эксперты увезли их в США для последующего проведения анализа.

Исследование анализов проводилось в Химической лаборатории Нью-Мексико в Альбукерке, штат Нью-Мексико. Использовался радиоиммунологический анализ с двойными антителами, меченными йодом-125. Все наборы были поставлены фирмой Diagnostic Products Corporation. Проводилось дублированное исследование всех анализов, а калибровка была выполнена по стандартной кривой, построенной на основании дисковых калибровочных проб. При использовании этого метода нормальные показатели ТТГ составляли 25 μМЕ/мл или менее, вероятно измененные — 26–80 μМЕ/мл и измененные при уровне ТТГ выше 80 μМЕ/мл.

2.6.7.2. Физикальное исследование щитовидной железы

Эндокринолог (специалист по заболеваниям щитовидной железы) проводил пальпацию щитовидной железы у всех пациентов. Пальпация проводилась в положении больного "стоя" и "сидя". Проводилось визуальное исследование и пальпация. Чтобы сделать глотательное движение, больные, если это требовалось, могли сделать глоток воды. Проводилась оценка размеров щитовидной железы (0 = нормальных размеров, 1 = увеличенная) и наличия в ней узлов (0 = норма, 1= узловой зоб). Врачом, проводящим обследование, в некоторых случаях также делались дополнительные замечания. Врач также задавал вопросы о наличии заболеваний щитовидной железы в анамнезе пациента и членов его семьи, а также о лечении препаратами гормонов щитовидной железы или о приеме препаратов стабильного йода.

2.6.7.3. Ультразвуковое исследование щитовидной железы

Ультразвуковое исследование щитовидной железы было проведено всем пациентам в группах 2–5 (т. е. всем, за исключением 2-летних детей). Ультразвуковое исследование щитовидной железы у всех больных проводилось с использованием одного аппарата (Hitachi Medical Corporation, Tokyo, модель EUB-310), с линейным датчиком-преобразователем 7,5 МГц. В аппарате имелось электрическое предохранительное устройство и стабилизатор напряжения фирмы Coultronics. Все исследования были проведены одним из трех специалистов, которые работали вместе в течение первых двух недель с целью стандартизации методологии. Были проанализированы различия результатов у одного оператора и у всех операторов при определении объема щитовидной железы, при этом в обоих случаях показатель составил 20%.

Исследование проводилось в положении больного "лежа на спине" с запрокинутой головой в тех случаях, когда это было возможно. У более пожилых лиц с артериальной гипертензией обследование проводилось в положении "сидя" с запрокинутой головой.

Для обследования всех больных использовались одинаковые технические характеристики, в том числе мощность, контрастность и коэффициент усиления. При исследовании во всех случаях применялся специальный гель (изготовитель Parker Laboratories). Определялись наибольшие показатели длины, толщины и ширины правой доли щитовидной железы. Для расчета объема доли использовалась следующая формула:

$$\text{Объем} = (3{,}1416/6) \times D1 \times D2 \times D3,$$

где D — показатель максимальной длины, ширины и толщины доли щитовидной железы. Эта формула была введена в программное обеспечение установки. Объем правой доли щитовидной железы умножался на 2 для получения объема всей щитовидной железы. Проводилось сравнение результатов, полученных по этой методологии, с результатами измерений каждой доли щитовидной железы с последующим их суммированием у 30 больных. Различие в результатах между двумя методами составляло менее 15% общего объема щитовидной железы для более чем 90% обследованных лиц.

Для получения изображения продольной проекции правой доли щитовидной железы использовалось печатающее устройство с термочувствительной бумагой (Mitsubishi Video). Использовалась термочувствительная бумага фирмы Mitsubishi. Все полученные изображения прикреплялись степлером к анкете.

Экспертом, проводившим ультразвуковое исследование щитовидной железы в реальном масштабе времени, определялась однородность ее эхо-структуры. При обнаружении неоднородных по эхо-структуре участков размерами > 5 мм был установлен диагноз узлового зоба или неоднородной структуры щитовидной железы. Во всех случаях при обнаружении патологических изменений щитовидной железы печаталось дополнительное изображение патологически измененного участка, которое прикреплялось степлером к анкете. По возможности эти данные также вносились в амбулаторную карту пациента.

2.6.8. Анализы на содержание свинца в организме

Для анализа содержания свинца в организме не использовались препараты волос и ногтей, поскольку считается, что результаты таких исследований менее достоверны, чем результаты исследования свинца в венозной крови. Анализы крови у пациентов из групп 1 и 2 были получены во всех населенных пунктах. Выбор анализов проводился на основании количества крови, оставшейся в пробирке с ЭДТА после проведения анализа крови на установке Кутлера. Анализы с наибольшим объемом крови (не менее 2 см) замораживались и направлялись для исследования в США.

Анализ проводился в лабораториях ESA в Бедфорде, штат Массачусетс. В лаборатории имелись только распечатанные на компьютере метки, и иследователи не знали, из каких населенных пунктов были получены анализы. Для анализа использовался метод безпламенной атомной абсорбции. Нормальным в лаборатории считался показатель менее 29 мг/дл.

Контрольные анализы (биологический контроль) и пустые пробирки из этой же партии также направлялись для исследования с целью контроля выделения свинца из стекла пробирок. Существенного выделения свинца не обнаружили.

2.6.9. Цитогенетические исследования

Были получены анализы крови для проведения цитогенетического исследования (хромосомных аберраций и мутаций соматических клеток) из населенных пунктов, в которых каждая группа экспертов находилась в последнюю неделю поездки. Преимущественно эти анализы были получены у лиц, у которых предполагались самые высокие дозы внешнего и внутреннего облучения. Это были взрослые люди, работавшие на открытом воздухе (колхозники, лесники). Объем анализов составлял не менее 10 мл, они находились в пробирках с гепарином в замороженном виде. Эти анализы были направлены для исследования в Японию, в Фонд изучения радиационных последствий. Исследование хромосом проводилось в Фонде изучения радиационных последствий, а также в рамках Координированной Программы исследований по методам культуры крови МАГАТЭ.

Культуры лимфоцитов выращивались в Фонде изучения радиационных последствий с использованием следующего метода выращивания культуры:

Питательная среда:	RPMI 1640: 8,0 мл. L-глютамин: 0,1 мл. Сыворотка крови теленка: 2,0 мл. Фитогемаглютинин (Wellcome): 0,2 мл.
Всего:	10,3 мл.

К этой среде добавлялся 1,0 мл гепаринизированной цельной крови.

Инкубация культуры:	Температура: 37° С в инкубаторе с CO_2 (95% воздуха и 5% углекислого газа). Время: 48 часов, включая 24 часа для обработки кольцемида (0,2 г/мл).
Гипотонический: раствор:	1% раствор цитрата натрия (1 часть) и 0,075 М раствор KCl (3 части).
Фиксирующий состав:	Метанол (3 части) и ледяная уксусная кислота (1 часть).
Сбор культуры:	Обычный метод высушивания на воздухе. Для каждого случая было изготовлено 5 (4–6) мазков.
Окраска:	2-процентный раствор Giemsa (pH 6,8) в течение 15 минут, затем на все мазки накладываются покровные стекла с использованием Eukitt.

Из 189 анализов крови, направленных в Фонд изучения радиационных последствий, культуры удалось получить в 107 случаях. Цитогенетическое исследование в Фонде изучения радиационных последствий было проведено для первых 50 случаев. В оставшихся 57 случаях проводилось микроскопическое исследование в рамках объединенного международного сотрудничества с МАГАТЭ, в пяти цитогенетических лабораториях Европы и США. В каждой лаборатории были предприняты попытки исследовать по 200 различных метафаз в каждом анализе на наличие дицентриков, кольцевых хромосом, фрагментов и других нестабильных аберраций. Однако количество исследованных метафаз не достигало 200

в 4 из 50 анализов, исследованных в Фонде изучения радиационных последствий.

В некоторых лабораториях проводился анализ на аберрации хроматидного типа, однако данные не будут включены в настоящий доклад из-за отсутствия в лабораториях единой методики исследования.

2.7. Порядок обследования пациентов

После развертывания оборудования в определенном населенном пункте имелся следующий наиболее эффективный порядок обследования пациентов:

Встреча.
Вводные замечания.
Заполнение анкеты.
Определение роста, массы тела, уровня кровяного давления, частоты пульса.
Гематологические исследования.
Пальпация щитовидной железы.
Ультразвуковое исследование щитовидной железы.
Физикальное обследование (с анализом результатов лабораторного исследования).
Окончательная проверка заполненной анкеты.

Анкета для оценки последствий аварии для здоровья:

ВОПРОСНИК ПО ЭФФЕКТАМ ЧЕРНОБЫЛЯ НА ЗДОРОВЬЕ
CHERNOBYL HEALTH EFFECTS QUESTIONNAIRE

1. Деревня _____
   Village of study

2. Идентификация пациента _____
   Patient identification

3. Кого осматривают: Вас___, Вашего ребенка___
   Who is being examined: you, your child

4. Сколько лет Вы учились в школе _____
   Number of years of school that you have had

5. Фамилия человека, которого осматривают _____
   Family name of person being examined

6. Имя человека, которого осматривают _____
   Personal name of person being examined

7. Отчество человека, которого осматривают _____
   Surname of person being examined

8. Дата рождения человека, которого осматривают (день, месяц, год)
   _____ _____ _____
   Birth date of person being examined (day, month, year)

9. Пол: М Ж
   Sex: M F

10. Номер паспорта человека, которого осматривают _____
    Passport I.D. number of person being examined

11. Находились ли Вы в этой деревне первый месяц после аварии: да___, нет__
    Were you in this village for the first month after the accident: yes, no

12. Если Вы не находились в этой деревне первый месяц после аварии, где Вы находились _____
    If you were not in this village the first month after the accident, where were you?

13. Жили ли Вы в деревне после 1986 года: да____, нет____
    Have you lived in the village since 1986: yes, no

14. Если осматривают Вашего ребенка: жил ли он в этой деревне всю свою жизнь: да____, нет____
    If your child is being examined, has he or she lived in this village since birth: yes, no

ДРУГИЕ ВОПРОСЫ ДЛЯ ОТВЕТА ПАЦИЕНТА ИЛИ ЕГО РОДИТЕЛЕЙ
OTHER QUESTIONS TO BE ANSWERED BY PATIENT OR PARENT

15. Какое домашнее животное у Вас имеется: корова___, коза___, никакое___
    What farm animals do you have: cow, goat, neither

16. Ваша профессия _____
    What is your occupation

17. Подчеркните нужное, относящееся к Вам:
    Underline all that applies to you:

Работа на открытом воздухе	Work outdoors
Работа в помещении	Work indoors
Мать ребенка	Mother
Пенсионер	Retired
Ребенок	Child
Другое	Other

18. Сколько членов семьи живет с Вами _____
    How many persons in your family live with you

19. Сколько килограммов кафтофеля потребляет Ваша семья в неделю _____
    How many kilograms of potatoes does your family eat per week

20. Сколько килограммов хлеба потребляет Ваша семья в неделю _____
    How many kilograms of bread does your family eat per week

21. Сколько раз в неделю Вы едите зеленые листовые овощи летом _____
    At how many meals per week do you eat green vegetables at summertime

22. Сколько раз в неделю Вы едите мясо _____
    At how many meals per week do you eat meat

23. Пили ли Ваши дети загрязненное молоко во время аварии или скоро после нее: да___, нет___
Did your children drink contaminated milk during or shortly after the accident

24. Сколько стаканов молока в день выпивают Ваши дети сейчас _____
How many glasses of milk do your children drink per day now

25. Молоко, которое пьет Ваша семья сейчас, загрязненное: да___, нет___
Is the milk your family drinks now contaminated: yes, no

26. Применяли ли Вы препараты стабильного йода: да___, нет___, не знаю___
Did you take stable Iodine: yes, no, don't know

27. Даты начала применения _____
Date started

28. Даты конца применения _____
Date ended

29. В каком виде: таблетки___, растворы___
In what form: tablets, solutions

30. Применяли ли Вы препараты стабильного йода больше чем в одном случае: да___, нет___, не знаю___
Did you take stable Iodine on more than one occasion: yes, no, don't know

31. Хотите ли Вы выехать из этой деревни: да___, нет___, не уверен___
Do you want to move from this village: yes, no, not sure

32. Вы употребляете крепкие напитки?
Никогда___, редко___, иногда___, часто___
Do you drink hard liquor? Never, rarely, sometimes, frequently

33. Курили ли Вы иногда в своей жизни: да___, нет___
Have you ever smoked: yes, no

34. Вы курите сейчас: да___, нет___
Are you smoking now: yes, no

35. Чувствуете ли Вы себя иногда таким усталым, что Вы утром совсем не встаете? да___, нет___
Do you sometimes feel so tired that you do not get up in the morning? yes, no

36. Сколько часов Вы в среднем спите ночью _____
On the average how many hours do you sleep per night

Ответьте на нижеперечисленные вопросы, отметив один из предлагаемых ответов: согласен 1 не уверен в ответе 2 не согласен 3
Rate the following statements on a 3 point scale as follows:
agree 1, not sure 2, disagree 3

37. Уровень радиоактивного загрязнения снижается 1 2 3
The level of radiation contamination is going down

38. Наше молоко сейчас безопасно для питья 1 2 3
Our milk is now safe to drink

39. Правительство должно переселить всех людей, живущих здесь 1 2 3
The government should relocate all persons living here

40. Низкий уровень радиации безопасен 1 2 3
A small amount of radiation is safe

41. Я думаю, что я болен от облучения 1 2 3
I think I have an illness due to radiation

42. Моя семья не имеет достаточного количества безопасных продуктов
My family does not have enough healthy food to eat 1 2 3

43. Проблемы Чернобыля будут в основном решены за следующие 10 лет 1 2 3
The problems related to Chernobyl will be mostly solved within the next 10 years

ПРЕДШЕСТВУЮЩЕЕ СОСТОЯНИЕ ЗДОРОВЬЯ ЧЕЛОВЕКА, ОСМАТРИВАЕМОГО СЕГОДНЯ
PAST MEDICAL HISTORY OF THE PERSON BEING EXAMINED TODAY

Поставьте крестик, если осматриваемый сегодня человек имел перечисленные жалобы (признаки) в течение последних 2 месяцев
Put a check in the box if the person being examined today has had any of the following complaints during the last 2 months

44.___ Утомление
Fatigue

45.___ Головная боль
Headache

46.___ Потеря аппетита
Loss of appetite

47.___ Носовые кровотечения
Nosebleeds

48.___ Ангина
Sore throats

49.___ Выпадение волос
Hair loss

50.___ Нерегулярные менструальные циклы
Menstrual irregularity

51.___ Увеличение веса
Weight gain

52.___ Потеря веса
Weight loss

53.___ Боли в груди
Chest pains

54.___ Жидкий/задержанный стул
Diarrhea/Constipation

55.___ Психологическая депрессия
Mental depression

56.___ Онемение рук
Numbness in hands

57.___ Гипертония
Hypertension

58.___ Опухоли
Tumor

59.___ Нарушения или увеличение щитовидной железы
Thyroid abnormalities or goiter

60. Имеют другие члены семьи нарушения щитовидной железы: да___, нет___
Do any other persons in family have thyroid abnormalities: yes, no

61.___ Затрудненный слух
Difficulty hearing

62.___ Боли в шее
Neck pain

63.___ Потеря памати
Memory loss

64.___ Боли в пояснице
Low back pain

65.___ Кровь в стуле
Blood in stool

66.___ Кровь в моче
Blood in urine

67.___ Малокровие
Anemia (little blood)

68.___ Туберкулез
Tuberculosis

69.___ Частый кашель
Frequent cough

70.___ Сахарный диабет
Sugar diabetes

71.___ Снижение зрения
Decreased vision

72.___ Другие
Other

MEDICAL EXAMINATION (to be filled out by medical team)

73. Height _____ cm

74. Weight _____ kg

75. Blood pressure ____/____

76. Pulse _____/min

Check if abnormal		Abnormality:
77.____	Skin	_____
78.____	Eyes	_____
79.____	Ears	_____
80.____	Nasopharynx	_____
81.____	Thyroid	
82. ____	Enlarged	_____
83. ____	Nodules	
84.____	Heart	_____
85.____	Lungs	_____
86.____	Abdomen	_____
87.____	Kidneys	_____
88.____	Neurological examination	_____
89.____	Peripheral pulses	_____
90.____	Joints	_____

91. Comments: _____

_____

92. Physician Codes

_____ _____

_____ _____

_____ _____

LABORATORY RESULTS

Hematologic Examination

93. Hb_____
94. Hct_____
95. RBC_____
96. MCV_____
97. MCHC_____
98. WBC_____
99. Differential _____ granulocytes
100. _____ monocytes
101. _____ eosinophils
102. _____ lymphocytes
103. _____ reticulocytes
104. Platelet count _____

105. Blood smear made: yes____ no____

Thyroid

106. TSH_____
107. Free T4_____
108. Blood spot for TSH_____

Ultrasound Thyroid

109. Homogenous: yes____ no____
110. Length mm _____ measure right lobe
111. Thickness mm _____
112. Width mm _____
113. Total volume _____ both lobes

114. Sample taken for lead: yes____ no____
115. Type of sample: blood____, blood spot____, hair____
116. Lead result _____
117. Cytogenetic sample taken: yes____ no____
118. Cytogenetic dose estimate _____

FINAL CHECKLIST

Identifying information 2-10 _____

Historical data 11-72 _____

Medical 72-92 _____

Laboratory 93-118 _____

3. Результаты работы выездных групп экспертов

3.1. Биологическая дозиметрия

3.1.1. Обоснование

Радиоактивное загрязнение в результате чернобыльской аварии наблюдалось в трех основных районах. К ним относились:

(1) Район, расположенный в направлении прямо на запад от атомной станции на расстоянии от 0 до приблизительно 140 км. В центральных участках этого района плотность загрязнения цезием-137 превышает 15 Ки/км^2 (555 кБк/м^2). Этот район в основном находится на территории УССР, но также захватывает и часть юга БССР.

(2) Участки, расположенные на расстоянии приблизительно 100–300 км на север от атомной станции. Это — Брянская область. Эта область находится на территории юго-восточной части БССР и распространяется на РСФСР.

(3) Тульская область (РСФСР), расположенная приблизительно на расстоянии 700 км к северо-востоку от ЧАЭС в направлении Москвы. Хотя эта область находится на значительном расстоянии от станции, уровни загрязнения цезием в ней достигают 15 Ки/км^2 (555 кБк/м^2).

У населения загрязненных районов значительная часть дозы облучения приходится на внутреннее облучение, что связано с загрязнением почвы. Поскольку существует только частичная взаимосвязь между уровнем загрязнения окружающей среды и поступлением радионуклидов в организм человека, важное значение имеет анализ данных, полученных на установке СИЧ, и методология дозиметрии. Этот раздел был выполнен целевой группой 3, и соответствующие результаты представлены в другой части отчета.

В контексте раздела "Воздействие на здоровье населения" важное значение имеет анализ определенных и ожидаемых доз в обследованных населенных пунктах. Важное значение также имела оценка состояния окружающей среды в этих населенных пунктах. Некоторые итоговые данные будут представлены в этом разделе. Важное значение также придавалось дополнительному методу дозиметрии — биологической дозиметрии в тщательно выбранных случаях. Могут быть получены культуры лимфоцитов крови с исследованием хромосомных аберраций (в основном для выявления дицентриков). Кроме того, можно оценить мутации в соматических клетках [1–9]. При проведении такого анализа положительные результаты, как правило, получают при поглощенных дозах более 0,2 Зв. Такие накопленные дозы облучения на все тело не были обнаружены в загрязненных населенных пунктах на основании измерений, выполненных группой экспертов для определения загрязнения окружающей среды, однако даже отрицательные результаты биологической дозиметрии представляли бы дополнительное подтверждение правильности оценки верхней границы дозы облучения всего тела.

3.1.2. Обзор советских данных

См. Часть Д (отчет целевой группы 3).

Сообщалось[1], что советскими учеными было выполнено 5–10 цитогенетических исследований в каждом населенном пункте в 1986 г. в нескольких районах, однако оценки доз были недостоверными, поскольку не была известна кривая образования дицентриков для длительного внутреннего облучения цезием.

3.1.3. Результаты дозиметрических исследований при выезде в населенные пункты

Фактические данные, полученные в рамках Проекта, по определению уровня радионуклидов в окружающей среде, результаты определения дозы внешнего облучения и исследований на установках СИЧ в населенных пунктах, где проводили исследование международные эксперты по последствиям аварии для здоровья, представлены в Части Г данного доклада.

3.1.3.1. Внешнее облучение

Доза внешнего облучения определялась в некоторых загрязненных населенных пунктах целевой группой 2. Некоторые итоговые данные представлены в этом разделе.

[1] Д-р А.М. Лягинская (Москва).

Таблица 3

Мощность дозы внешнего гамма-излучения (μЗв) в обследованных контрольных населенных пунктах

Республика	Населенный пункт	Вне помещений		Внутри помещений	
		Диапазон	Среднее зн.	Диапазон	Среднее зн.
БССР	Кировск	0,04–0,12	0,07 ± 0,02	0,04–0,10	0,08 ± 0,02
	Ходосы	0,06–0,09	0,07 ± 0,01	0,06–0,11	0,07 ± 0,01
РСФСР	Унеча	0,04–0,10	0,06 ± 0,02	0,04–0,10	0,07 ± 0,02
	Сураж	0,04–0,18	0,08 ± 0,04	0,04–0,15	0,08 ± 0,03
УССР	Троковичи	0,12–0,24	0,20 ± 0,04	0,18–0,25	0,22 ± 0,03
	Красилов	0,11–0,15	0,13 ± 0,01	0,15–0,18	0,13 ± 0,01

Таблица 4

Процентное соотношение ответов взрослых людей на вопрос: "Принимали ли Вы препараты стабильного йода во время аварии?". Количество лиц указано в скобках

Ответ	Загрязненные районы		Контрольные районы		Всего
	№	%	№	%	
Да	58	22	9	4	
Нет	187	69	207	88	
Не знаю	25	9	20	8	
Всего	264	100	236	100	500

Населенный пункт	Мощность дозы внешнего гамма-излучения (μЗв/ч)
Брагин, БССР:	
на открытом воздухе	0,1–3,0 μЗв/ч;
в помещении	0,1–0,3 μЗв/ч.
Полесское, УССР:	
на открытом воздухе	0,3–2,3 μЗв/ч;
в помещении	0,1–0,7 μЗв/ч.

Средняя мощность дозы внешнего гамма-излучения в большинстве обследованных контрольных населенных пунктов не превышала 0,15 μЗв/ч. В контрольных населенных пунктах активность цезия-137 на поверхности почвы составляла менее 1 Ки/км^2 (менее 37 кБк/м^2). Полученные результаты представлены в табл. 3.

3.1.3.2. Внутреннее облучение организма

Внутреннее облучение организма от цезия-137 было рассчитано на основании измерений, проведенных на счетчике излучения человека. Подробное описание этих измерений представлено в Части Д.

При расчете доз на щитовидную железу следует знать, какая часть населения в действитель-

Таблица 5

Оцененные поглощенные дозы внутреннего облучения за счет цезия-137 в загрязненных населенных пунктах

Республика	Населенный пункт	Выборка из населения	Средняя доза[a] (мЗв/г) и СО
БССР	Брагин	1154	0,08 ± 0,2
	Корма	719	0,09 ± 0,2
	Веприн	1064	0,06 ± 0,2
РСФСР	Новозыбков	1455	0,11 ± 0,3
	Злынка	998	0,17 ± 0,4
УССР	Полесское	1003	0,08 ± 0,4

[a] В целом для распределения оцененной дозы имелся длинный хвост в верхнем диапазоне доз. Таким образом, медианные показатели составляют 50–70% от средних показателей. Дозы, полученные детьми, составляют 25–30% от доз, полученных взрослыми людьми. В большинстве населенных пунктов максимальные показатели составили около 6 мЗв/ч.

Таблица 6

Ожидаемая доза за 70 лет в результате чернобыльской аварии для обследованных загрязненных населенных пунктов, согласно оценкам целевой группы 3

Республика	Населенный пункт	Оценка по прогнозу (мЗв)				Общая (советские данные)
		Внешнее облучение	Внутреннее облучение		Общая	
			Cs-137	Sr-90		
БССР	Веприн	127	27	1	155	369
	Корма	71	16	<1	88	148
	Брагин	105	23	4	132	268
РСФСР	Новозыбков	53	15	<1	78	149
	Злынка	104	25	1	129	241
УССР	Полесское	96	21	3	120	403
	Народичи	67	15	2	84	681

Таблица 7

Результаты оценки данных цитогенетического исследования фондом изучения радиационных последствий (Япония) и частота обнаружения дицентриков и кольцевых хромосом

Оценка произведена	Лица из загрязненных районов						Лица из контрольных районов					
	Кол-во лиц	Пол		Средний возраст (лет)	Дицентрики и кольца		Кол-во лиц	Пол		Средний возраст (лет)	Дицентрики и кольца	
		М	Ж		Среднее на клетку	СО		М	Ж		Среднее на клетку	СО
ФИРП	24	11	13	45,00	0,0047	0,0050	24	20	4	46,25[а]	0,0050	0,0044
МАГАТЭ[б]	43	27	16	51,00[в]	0,0035	0,0044						

Оценка произведена	Лица из загрязненных районов						Лица из контрольных районов					
	Кол-во лиц	Пол		Средний возраст (лет)	Дицентрики и кольца		Кол-во лиц	Пол		Средний возраст (лет)	Дицентрики и кольца	
		М	Ж		Среднее на клетку	СО		М	Ж		Среднее на клетку	СО
ФИРП	18			40	0,0043	0,0047	11			40	0,0068	0,0046
	6			60	0,0059	0,0058	5			60	0,0041	0,0042
	0			Неизв.			8			Неизв.	0,0031	0,0037
		11			0,0047	0,0053		20			0,0050	0,0046
			13		0,0047	0,0048			4		0,0050	0,0041

[а] Исключая 8 с неизвестным возрастом.
[б] Исключая 13 с необычным цитогенетическими показателями (включая в одно патологическое изменение).
[в] Исключая 3 с неизвестным возрастом.



Рис. 2. Цитогенетические данные: процент дицентриков или колец на клетку

ности принимала стабильный йодид калия во время аварии с целью профилактики поступления радиоактивного йода. Результаты ответов взрослых людей из шести контрольных и семи загрязненных населенных пунктов представлены в табл. 4.

В рамках части доклада "Последствия аварии для здоровья" целесообразно суммировать данные по дозиметрии и оцененные поглощенные дозы. Оцененные общие поглощенные дозы были определены только в загрязненных населенных пунктах, поскольку результаты измерений в контрольных населенных пунктах были близкими к уровню естественного фона. Эти данные представлены в табл. 5.

Таблица 8

Временные рамки для исследования мутаций в первых трех группах

Группа	Населенный пункт		Дата		
	Загрязненный	Контрольный	Взятия проб крови	Прибытия проб крови	Выполнения анализа на мутации
Группа 1	Полесское	—	10 сентября	16 сентября	17 сентября
	—	Козелец	13 сентября	16 сентября	17 сентября
Группа 2	Новозыбков	—	24 сентября	28 сентября	28/29 сентября
	Злынка	—	26 сентября	28 сентября	28/29 сентября
Группа 3	—	Ходосы	9 октября	17 октября	17 октября
	Корма	—	13 октября	17 октября	17 октября

Таблица 9

Частота мутаций в глюкофориновом А (ГФА) гене (на 10^6)

Тип мутации	Анализы из загрязненных районов		Анализы из контрольных районов	
	Среднее	СО	Среднее	СО
MO	6,815	8,164	3,421	3,355
MM	3,785	7,962	1,789	3,190
NO	9,831	4,989	9,211	8,297
NN	5,662	5,677	4,895	4,319
Размер выборки[a]	65		19	

[a] Всего в выборку включены 84 случая. В оставшихся случаях лица (исключая один случай с существенным изменением) не были гетерозиготными по MN.

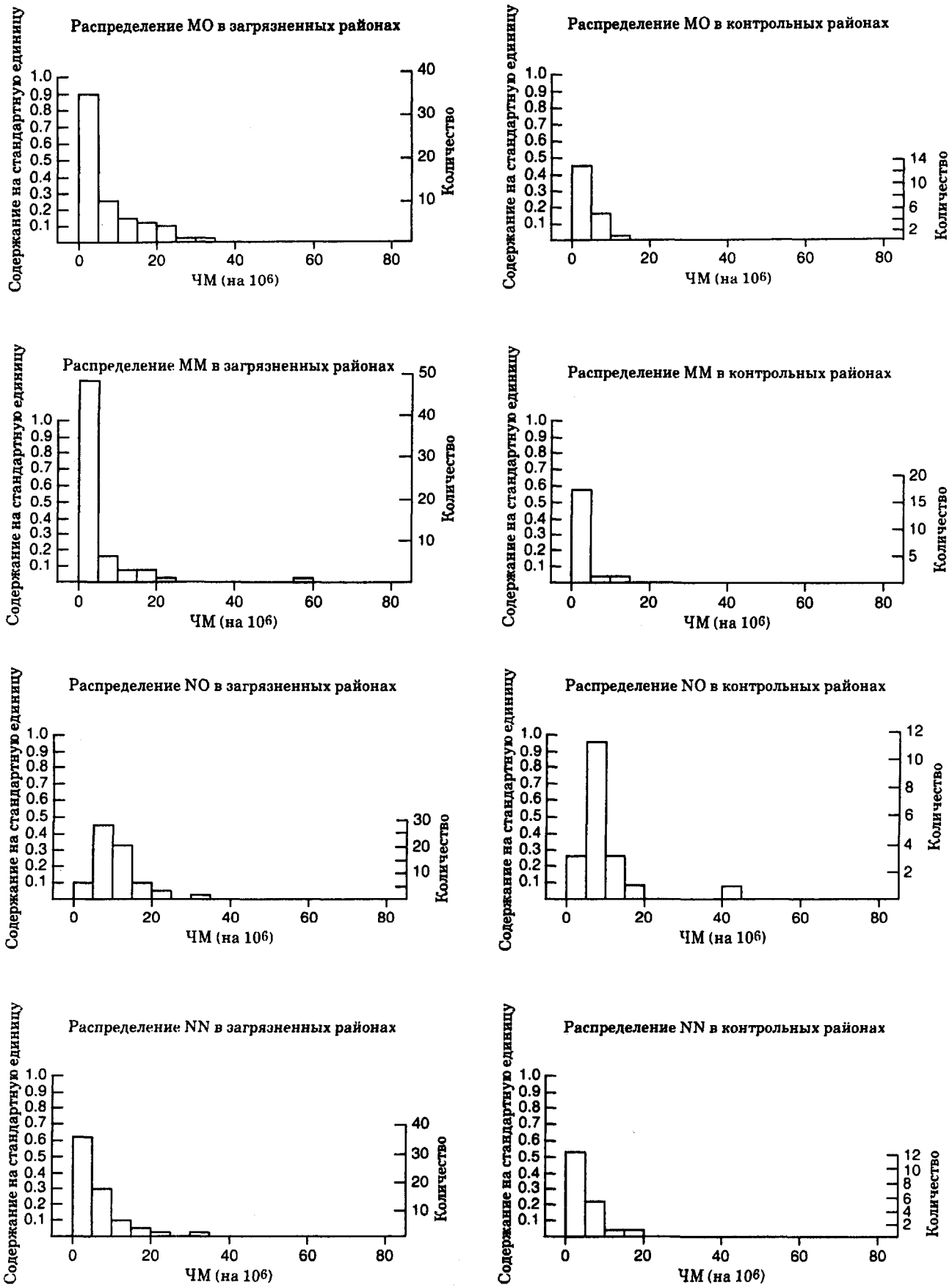


Рис. 3(а). Распределение частоты мутаций MO, MM, NO и NN глюкофоринового А гена

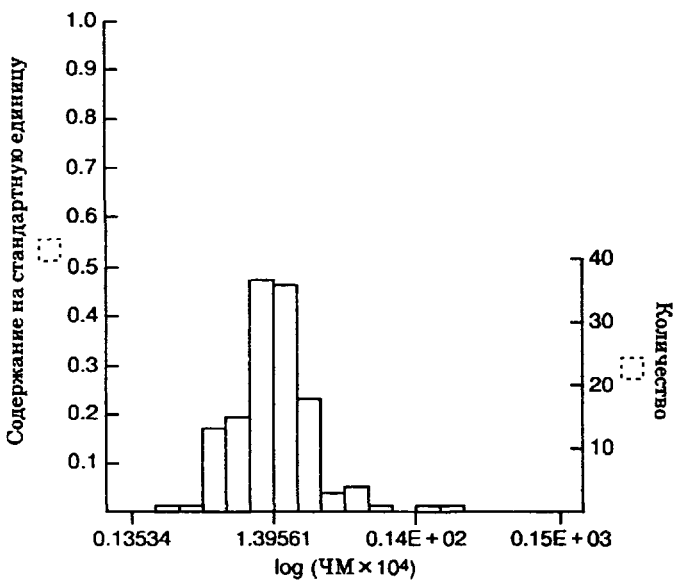


Рис. 3(б). Распределение логарифмической частоты мутаций рецептора Т — клетки

3.1.3.3. Имеющиеся и ожидаемые дозы в выбранных загрязненных населенных пунктах

К настоящему времени поглощенные дозы обусловлены, главным образом, поверхностным осаждением цезия-137. Общие средние дозы внутреннего и внешнего облучения, создавшиеся в результате аварии в обследованных загрязненных населенных пунктах за годы 0–4, составляют около 30 мЗв.

Целевой группой 3 по дозиметрии были также оценены средние дозы за 70 лет у жителей некоторых населенных пунктов. Подробные данные представлены в Части Д; заключение по оценкам доз, полученным целевой группой 3, в сравнении с официальными советскими данными, представлены в табл. 6.

3.1.3.4. Результаты цитогенетических исследований

Выездными группами международных экспертов (миссии 8–10) были получены анализы крови у жителей ряда загрязненных и контрольных населенных пунктов. Они были получены у взрослых людей, работавших на открытом воздухе, т. е. у колхозников и работников лесного хозяйства. Это было обосновано 2 аспектами:

(а) Группы экспертов не хотели брать большие объемы крови для анализа у детей.
(б) Результаты анализов, полученных в этой группе взрослых людей, помогли бы оценить

Таблица 10

Оценки моделей отрицательного биномного различия для определения частоты мутаций в глюкофориновом А гене (на 10^6 клеток)

Тип мутации	Параметр	Без корректировки на загрязнение		С корректировкой на загрязнение	
		Среднее	СО	Среднее	СО
MO	Выборочное значение[а]	1,800	0,134	1,230	0,277
	Различие[б]			0,689	0,311
MM	Выборочное значение[а]	1,204	0,236	0,582	0,481
	Различие[б]			0,749	0,543
NO	Выборочное значение[а]	2,271	0,066	2,220	0,142
	Различие[б]			0,0652	0,161
NN	Выборочное значение[а]	1,703	0,107	1,588	0,227
	Различие[б]			0,146	0,257

[а] Общее среднее для тех и других районов (без корректировки) или среднее для контрольных районов (с корректировкой).

[б] Различие между загрязненными и контрольными районами.

Таблица 11

Частота мутаций антигенного рецептора гена Т-клетки (на 10^4 клеток)

	Анализы из загрязненных районов		Анализы из контрольных районов	
	Среднее	Со	Среднее	СО
	1,515	0,836	1,741	1,285
Количество анализов[a]	93		32	

[a] Общее количество анализов для данной таблицы составляет 125, оставшиеся анализы (189 − 125 = 64) нельзя исследовать из-за недостаточного количества сохранившихся лимфоцитов.

$p = 0{,}45$. Замечание: отсутствует статистически достоверное различие между контрольными и загрязненными населенными пунктами до $p < 0{,}05$.

верхнюю границу поглощенной дозы для населения к настоящему времени. Поскольку эти люди работали на открытом воздухе в тех районах, где не проводились или почти не проводились работы по дезактивации, поглощенные дозы у них должны быть выше таковых у взрослых людей, работавших, например, в помещениях.

Было признано, что возникнут сложности при транспортировке замороженных анализов в Японию, где предусматривалось выращивание культур лимфоцитов. Требуется выращивать эти культуры в течение 7 дней (предпочтительно меньшее число дней) от момента их получения. Таким образом, анализы были получены только в последнюю неделю в каждой из миссий 8–10 и не во всех населенных пунктах.

Исследование дицентриков хромосом

В Японии, в Фонде изучения радиационных последствий, проводилось исследование анализов культур крови для получения данных по дицентрикам. Результаты этого исследования представлены в табл. 7 и на рис. 2. Только в Фонде изучения радиационных последствий были исследованы анализы, полученные и в загрязненных, и в контрольных населенных пунктах. Поэтому анализ в основном проводился только для случаев, исследованных в Фонде изучения радиационных последствий. Частота аберраций в контрольных населенных пунктах была необычно высокой и соответствовала дозе облучения 0,5 Гр (гамма-облучение). Причины такой высокой частоты не ясны; однако было показано, что исходный уровень аберраций среди различных групп населения является различным. Бесспорно, было бы целесообразно провести дальнейшие исследования по этой проблеме. При обычном статистическом анализе, включавшем возраст и пол в качестве дополнительных параметров, было продемонстрировано отсутствие существенного различия в частоте аберраций между загрязненными и контрольными районами.

Анализ мутаций в соматических клетках

Чтобы выявить последствия облучения в результате аварии на Чернобыльской атомной электростанции для людей, проживающих в загрязненных районах, определялась частота развития мутаций в соматических клетках: (1) в глюкофориновом А (ГФА) гене эритроцитов и (2) Т-клеточном антигене (ТКА) к рецепторному гену в лимфоцитах [10–14].

В табл. 8 указаны временные рамки проведения анализа мутаций и населенные пункты, в которых проводили обследование людей. Имелись длительные периоды времени между получением анализов крови и их исследованием. Лимфоциты разрушаются быстрее эритроцитов, и поэтому задержка в исследовании оказывала большее влияние на ТКА-анализ.

Анализ мутаций ГФА гена может быть выполнен только у гетерозиготных (MN) лиц. Распределение частоты мутаций (ЧМ) MO, MM, NO и NN на 10^6 клеток может быть рассчитано по закону Пуассона. Однако использование линии отсчета для ограничения общего количества подсчитанных клеток приводит к различиям в выборке, выходящим за пределы закона Пуассона. Поэтому международные эксперты испо-

Таблица 12

Частота мутации в Т-клеточном антигене к рецепторному гену (на 10^4 клеток)

Возрастная группа	Пол	Анализы из загрязненных районов			Анализы из контрольных районов		
		Среднее	СО	Кол-во анализов	Среднее	СО	Кол-во анализов
<50 лет	Муж.	1,645	0,650	15	1,657	0,303	2
≥50 лет		1,538	0,257	6	0,548	0,127	2
<50 лет	Жен.	1,402	1,039	18	1,418	0,515	17
≥50 лет		2,202	1,153	10	1,570	0,912	4

льзовали модель отрицательного биномного различия. Данные об их частоте можно получить при разделении клеток и микроскопическом исследовании. Для анализа был использован второй вариант.

В одном случае у жителя загрязненного района (Полесское) отмечалось существенное увеличение частоты обнаружения NO и NN, что приводило к значительному завышению среднего показателя выборки и отклонения; эти данные не включены в настоящий анализ, однако случай такой выраженной ответной реакции нельзя не учитывать. В табл. 9 суммированы данные по частоте мутаций в других случаях в загрязненных районах по сравнению с контрольными районами.

Как видно на рис. 3(а), отсутствовали существенные различия в распределении MF между загрязненными и контрольными районами. Следует отметить, что, хотя средний показатель ЧМ в табл. 9 был устойчиво более высоким в загрязненных районах, величины стандартного отклонения значительно различались. В табл. 10 представлены оцененные параметры и приблизительные стандартные погрешности для соответствующих моделей с корректировкой и без корректировки на радиационное загрязнение с использованием отрицательного биномного различия. При типе мутации MO оцененное различие между районами почти в два раза превышало стандартную погрешность, но для других типов мутаций различия были незначительными. Для обсуждения статистической значимости различий в табл. 9 (если в действительности существуют) необходимо провести обследование в существенно больших выборках.

Поэтому для проведения анализа использовалась теория простой регрессии для нормального распределения данных с логарифмическим представлением частоты.

Отсутствовали признаки общего эффекта радиационного загрязнения на частоту мутаций ($p = 0,45$; табл. 11). Корректировки по возрасту и полу (табл. 12) свидетельствуют о возможном наличии взаимосвязи между возрастом и ЧМ, с большей ЧМ в более старшей возрастной группе в загрязненных районах. Однако из-за мелких размеров клеток не представлялось возможным обсуждать статистическую значимость этого результата.

3.1.4. Итоговый обзор дозиметрии

В целом, оцененные в рамках Проекта дозы для 4 и 70 лет в выбранных населенных пунктах составляют около половины уровней доз, оцененных советскими компетентными организациями. У жителей некоторых населенных пунктов с высоким уровнем загрязнения, в которых проводили обследование международные эксперты по задаче 4, средняя величина оцененной суммарной (от внутреннего и внешнего облучения) дозы на все тело за четыре года, прошедшие после аварии, находилась в диапазоне от 18 до 33 мЗв (1,8–3,3 бэр).

Предполагалось, что при таких дозовых уровнях будут получены отрицательные результаты биологической дозиметрии (анализ дицентриков). Это связано с тем фактом, что доза облучения была меньше той дозы, при которой наблюдается эффект. Кроме того, облучение было растянутым во времени, что снижало эффект. Несмотря на эти замечания, оценки доз свидетельствовали о наличии длинного хвоста поглощенных доз, распространяющегося на более высокие уровни в рамках внутреннего облучения организма и данных индивидуальной дозиметрии. Таким образом, представляло интерес выяснение

возможности получения положительного результата цитогенетических исследований у нескольких лиц.

3.1.4.1. Заключения по исследованию мутаций

При исследовании мутаций соматических клеток не было получено какого-либо количественного доказательства эффекта радиационного загрязнения на частоту мутаций ГФА или ТКР гена. Однако, значимость статистических заключений может снизиться до неизвестной степени из-за проблем, связанных с ограниченностью данных (включая отсутствие информации, распад биологического материала и т. д.). Поэтому на основании этих данных трудно сделать общие выводы.

Однако, были получены некоторые качественные показатели, которые вряд ли могут свидетельствовать о возможности эффектов облучения в загрязненных районах. К ним относится возможно более высокая частота мутаций ГФА, а у лиц более старшего возраста, возможно, более высокая частота мутаций ТКР. Для того, чтобы ответить на вопрос о том, имеются ли эти эффекты на самом деле, необходимо провести более тщательное исследование в больших по количеству лиц и населенных пунктов и более тщательно подобранных выборках.

3.2. Вопросы гематологии и иммунологии

3.2.1. Анемия

3.2.1.1. Обоснование

В основе этиологии анемии лежит либо недостаточное количество эритроцитов в организме, либо нарушение функции гемоглобина. Уровень снижения гемоглобина, при котором устанавливается диагноз анемии, может быть различным. Уровень гемоглобина изменяется с возрастом (его уровень возрастает с увеличением возраста детей). Во многих странах используются два нормативных диапазона, один для взрослых, другой — для детей. В других странах существуют стандартизованные кривые, которые используются для каждого года жизни. Поскольку у детей имеется очень высокая скорость роста, обмен веществ у них происходит интенсивнее. Поэтому анемии у детей развиваются значительно чаще и протекают в более тяжелых формах, чем у взрослых людей.

Для установления этиологии анемии целесообразно исследование мазка крови, определение уровня гемоглобина в эритроците и размера эритроцита.

Нематоды и кишечные паразиты имеют важное значение в этиологии потери крови и железодефицитного состояния организма во многих странах. В этом случае их можно обнаружить при исследовании мазка крови и анализов кала.

Во многих случаях развитие анемии обусловлено дефицитом железа и витаминов в организме. Оцененные потребности в железе в рационе питания для здоровых мужчин, женщин, за исключением периода менструального кровотечения и беременности, младенцев и детей составляют около 0,4–1,5 мг/д абсорбированного железа и 5–10 мг/д железа в пище. У женщин в период менструального кровотечения потребность в железе повышается на 50%, а во время беременности она возрастает в три раза.

В тяжелых случаях дефицит железа в организме может привести к развитию целого ряда заболеваний, включая дисфагию (вследствие непроходимости пищевода), отсутствие аппетита, метеоризм, тошноту, запоры, гастрит и сердечную недостаточность. Как правило, в окрашенных мазках крови обнаруживаются мелкие эритроциты (микроциты), в которых снижено содержание гемоглобина (гипохромия), значительно отличающиеся друг от друга по размерам (анизоцитоз) и форме (пойкилоцитоз). Уровень среднего корпускулярного объема, как правило, менее 80 фЛ. При использовании систем для автоматического гематологического анализа уровень среднего корпускулярного гемоглобина у лиц с анемией может находиться на нижней границе нормативного диапазона, и основным показателем в таком случае становится средний объем клетки. При железодефицитной анемии могут быть обнаружены или тромбоцитоз или тромбоцитопения, однако количество тромбоцитов обычно нормализуется после лечения препаратами железа. Продуманная терапия препаратами железа обычно приводит к увеличению уровня ретикулоцитов приблизительно на 5–7-ой день (с максимальным увеличением приблизительно через 2 недели), а уровень гемоглобина нормализуется приблизительно через 4–8 недель.

Развитие анемии может быть вызвано целым рядом причин: от дефицита железа в организме до врожденных аномалий синтеза гемоглобина. Во многочисленных исследованиях последствий облучения для здоровья, проведенных за последнее столетие, анемия упоминается редко или вообще не упоминается. Причиной этого служит относительная устойчивость эритроцитов к воз-

действию облучения и длительный период их жизни в кровяном русле. Значительная поглощенная доза облучения может вызвать снижение уровня эритроцитов, но в таких случаях в значительно большей степени наблюдается угнетение других, более радиочувствительных форменных элементов крови (таких, как лейкоциты и тромбоциты) [15–21].

Результаты гематологических исследований всесторонне изучались у лиц, переживших атомную бомбардировку. Конечно, отмечались ранние эффекты, связанные с очень высокими дозами. Они обычно наблюдались в первые несколько месяцев после облучения, и к связанным с ними изменениям относилось подавление лейко-и тромбоцитопоэза. Аналогичные результаты были получены у чернобыльских пожарных и других работников станции, перенесших острую лучевую болезнь [22]. Итоговые данные по поздним гематологическим эффектам атомных бомбардировок Хиросимы и Нагасаки свидетельствуют об отсутствии отдаленных эффектов облучения на первичные нарушения кроветворения при отсутствии злокачественных заболеваний [23]. В более поздних исследованиях у лиц, перенесших острую лучевую болезнь, в течение четырех лет не наблюдалось анемии как последствия облучения.

В районах, пострадавших в результате чернобыльской аварии, часто отсутствуют сведения о наличии анемии до аварии и, если она имелась, о ее распространенности. Как правило, не проводился скрининг среди взрослых людей или детей, у которых отсутствовали ее симптомы. Таким образом, могли иметься случаи анемии, но они остались нераспознанными, если не протекали в тяжелой форме. После чернобыльской аварии имелись причины, которые могли бы привести к развитию анемии, хотя, даже если такие случаи имелись ранее, маловероятно, чтобы они были прямым последствием облучения. Однако, из-за радиационного загрязнения пищевых продуктов, правительством был введен целый ряд ограничений на потребление молока, мяса и овощей. Кроме того, нельзя исключить, что многие жители настолько боялись поступления крайне низких доз облучения с пищей, что они самостоятельно ограничили свой рацион питания до опасного для здоровья уровня. В связи с этим, а также из-за озабоченности советских людей в отношении анемии выездными группами экспертов проводилось тщательное изучение этой проблемы.

Таблица 13

Процентное соотношение детей с различным уровнем гемоглобина по возрастным группам (Ягатин)[a]

Возрастная группа (лет)	Гемоглобин (г/дл)			
	<11	11–11,9	12–13	>13
<1	24	44	28	4
1–3	8	12	74	6
3–7	3	8	59	30
7–10	2	3	69	26
10–14	2	3	64	31

[a] Данные д-ра Е.И. Степановой (Киев).

3.2.1.2. Обзор советских данных

Сообщалось[2], что анемия в РСФСР является относительно распространенным заболеванием. Известно, что рацион питания в СССР значительно отличается от структуры питания в других странах, таких, как США. Годовой рацион питания в СССР включает около 40 кг мяса на человека, в отличии от 140 кг в США. Обычно овощи доступны только летом и ранней осенью. Определение анемии, которое обычно применяется в СССР, характеризуется показателями 110 г Hb/л крови для детей в возрасте < 6 лет и < 120 г Hb/л для детей в возрасте более 6 лет.

При использовании этого определения было показано, что анемия имеется у 8–12% от всего населения СССР, в том числе у 30% детей моложе 7 лет. Отсутствуют точные сведения об увеличении или снижении распространенности анемии в течение последних 4 лет в загрязненных районах.

УССР

В Овруче врачи информировали международных экспертов о том, что, по их мнению, анемия была связана с неполноценным рационом питания, поскольку, по-видимому, она редко встречается у детей, посещающих детские сады (где в их рацион питания включены свежие фрукты и овощи). Они предполагали, что жалобы детей на слабость, головокружение и обморочные состояния возможно были вторичными по отношению к анемии.

[2] Д-р Румянцев (Москва).

Сообщалось[3], что наиболее полные представленные данные свидетельствуют о том, что в Киеве анемия встречается приблизительно у 5–12% детского населения. Приблизительно 20–30% этих случаев обусловлены белковой недостаточностью, а остальные — дефицитом железа в организме.

Проблема анемий изучалась специалистами из Москвы[4] в 1987 г. Поскольку они не знали, какие населенные пункты были загрязненными, а какие — чистыми во время проведения обследования, то для большей достоверности они обследовали ряд и тех и других районов. Ими было сделано заключение об отсутствии различия в распространенности анемии между загрязненными и незагрязненными районами. Также отсутствовало фактическое различие распространенности анемии между населенными пунктами малых размеров и крупными городами. Эти данные были направлены в Министерство здравоохранения и не были представлены международным экспертам.

Группа московских специалистов также три раза побывала в Могилевской и Гомельской областях в 1986 г. и выезжала в другие районы БССР в 1987 г. Были отмечены две следующие проблемы в оценках.

(а) Отсутствовали ранее полученные данные для использования в качестве исходных.
(б) Было сложно оценить, какие эффекты облучения могли наблюдаться, поскольку имелись другие социальные факторы и факторы внешней среды, такие, как ограничения на потребление продуктов питания, дефицит железа в организме, возможное загрязнение окружающей среды свинцом и химическими соединениями. Случаи носовых кровотечений, о которых сообщалось, могли быть в большей степени связаны с аллергией или ринитом, чем с нарушением свертывания крови или индуцированной облучением тромбоцитопенией (снижением количества тромбоцитов).

ВНЦРМ[5] также занимался изучением проблемы анемий. Было отмечено, что до аварии были получены только данные для детей с явными проявлениями заболевания. Обычно имелись данные по уровню гемоглобина, скорости оседания эритроцитов и количеству лейкоцитов. В их исследовании в большинстве случаев, но не всегда, первичной этиологией анемий был дефицит железа. Также было показано, что распространенность анемий не возросла за период 1987–1990 гг.; специалисты ВНЦРМ согласились с тем фактом, что в СССР анемия встречается приблизительно у 10% взрослых людей и у до 30% детей. Некоторые врачи указывали, что и недостаточность витаминов, и глистная инвазия могли в отдельных случаях обусловить развитие анемии. По их оценке, приблизительно у 30% (и возможно до 70% детей) имелись различные заболевания паразитарной этиологии, такие, как аскаридоз или токсоплазмоз. По последней проблеме точных данных получено не было.

Другим ученым[6] изучалась распространенность легких форм анемии в Народичах и в чистом населенном пункте, Ягатине, расположенном на расстоянии 300 км от Чернобыля. Она обнаружила, что в Народичах распространенность легких форм анемии составила 31% у детей в возрасте менее 1 года, 28% — у детей в возрасте 1–3 лет, 17% — у детей в возрасте 4–6 лет, 6% — у детей в возрасте 7–10 лет и 5% — у детей в возрасте 10–14 лет. Эти уровни были аналогичными таковым в контрольном населенном пункте Ягатин. Также проводилось обследование в другом загрязненном населенном пункте, Глухове, в котором проживало около 8000 детей. Распространенность анемии также составляла около 30%.

Этот же ученый анализировал уровни гемоглобина у детей из различных возрастных групп в населенном пункте Ягатин. Полученные результаты свидетельствуют об отсутствии существенного изменения за период с 1983 по 1989 гг. Результаты представлены в табл. 13.

БССР

Врачи из Гомеля также сообщили об обнаружении случаев анемии различной этиологии, но указали, что они, с большей или меньшей степенью вероятности, были связаны с неполноценным рационом питания. Также сообщалось о наличии заболеваний сердечно-сосудистой системы у детей и младенцев. При расспросе удалось выяснить, что эти случаи были в большей степени связаны с осложнениями анемии, чем с первичными заболеваниями сердечно-сосудистой системы. Имеется мало сведений об анемии в БССР до аварии, и в большинстве случаев у детей наблюдается быстрая ответная реакция на лечение препаратами витамина B12 и железа, когда эти препараты доступны.

[3] Д-р Кошель (Москва).

[4] Группа д-ра Кошеля.

[5] Д-р В.Г. Бебешко (Киев).

[6] Д-р Е.И. Степанова (Киев).

Другой ученый[7] сообщил данные о работе выездных групп специалистов из Гомеля, которые несколько раз в год проводят обследование в районе, расположенном вокруг Чедерска (к северу от Гомеля) и Краснополья (около Веприна). Последний район является относительно "чистым" (около 2 Ки цезия/км^2 или 74 кБк/м^2). Эти специалисты проводили физикальное обследование и получали анализы крови для определения уровня гемоглобина и в некоторых случаях — для определения тиреотропного гормона (ТТГ) или микросомальных антител. Они сообщили о наличии анемии не менее чем у 30% детей. Согласно сообщениям, распространенность анемии увеличивается с увеличением срока, прошедшего после аварии, по крайней мере, у детей в возрасте до 16 лет.

В населенные пункты выезжают и другие группы специалистов и проводят в них обследование приблизительно 1200 детей один или два раза в году. Согласно сообщениям, распространенность анемии, наблюдавшаяся через 1–2 года после аварии, была меньше, чем в 1990 г., что, по-видимому, отражает проблемы с рационом питания, которые имелись в это время.

Обнинский Регистр

В Обнинском Регистре имеются некоторые сведения об анемии. Однако, данные существенно отличаются от данных, о которых сообщалось в других источниках. Например, из 125 000 или приблизительно такого количества детей и подростков в Регистре сообщалось только о нескольких сотнях случаев анемии на район или менее 1%. Кроме того, отмечаются существенные различия в количестве сообщенных случаев в определенном районе за период с 1987 по 1988 гг. Например, в Могилевском районе сообщалось о 107 случаях в 1987 и о 834 случаях в 1988 гг. За этот же период времени, согласно Регистру, в Брянском районе было 122 случая в 1987 г., и наблюдалось снижение до 25 случаев в 1988 г. Маловероятно, что такие значительные и несоизмеримые различия отражают истинную распространенность анемии.

3.2.1.3. Результаты работы выездных групп экспертов

Сначала были получены данные по анкете о последствиях аварии для здоровья. Взрослым людям задавали следующий вопрос: думали ли они, что у них имеется анемия, или им сказали, что у них имеется анемия. Результаты для контрольных и загрязненных районов представлены в табл. 14.

Гематокрит, уровень гемоглобина, число эритроцитов и средний корпускулярный объем эритроцитов анализировались более чем у 1600 жителей загрязненных и контрольных населенных пунктов. Во всех случаях анализы были выполнены на местах с помощью установки Кутлера Т 660, предоставленного Coulter Corp. (Хайэлиа, Флорида). Во всех случаях обследованным лицам были выполнены мазки крови с фиксацией, окрашиванием и последующим микроскопическим исследованием каждого мазка. Кроме того, анализировались следующие показатели — число лейкоцитов, лейкоцитарная формула и число тромбоцитов. Результаты этих исследований представлены в виде таблиц или графиков. Эти данные представлены в скорректированном и (или) нескорректированном виде. Нескорректированные данные — это исходные данные. Указывается, скорректированы ли эти данные по возрасту, полу или по обоим параметрам. Например, методика корректировки по полу состоит в том, что для каждого параметра рассчитывались значения отдельно для мужчин и женщин. Затем делался повторный расчет, чтобы выяснить, каков будет результат, если ровно 50% обследованного населения данной возрастной группы мужчины, а 50% — женщины. При корректировке по возрасту использовалась такая же методика. Эта методика позволяет провести проверку на возможную неточность при выборке. Результаты сравнения средних уровней гемоглобина, гематокрита и объема эритроцитов по возрастным группам у обследованного населения загрязненных и контрольных населенных пунктов представлены в табл. 15–19 и на рис. 4–11.

Эти данные демонстрируют отсутствие значительных различий в данных по контрольным и загрязненным населенным пунктам. Следует отметить, что при помощи установки Кутлера Т 660 получен показатель гематокрита, рассчитанный по числу эритроцитов, размеру и объему пробы. Таким образом, результаты могут быть несколько ниже, чем показатели гематокрита, полученные традиционными методами (центрифугированием проб крови).

Данные говорят о том, что не существует статистически значимого различия в среднем уровне гемоглобина у детей в возрасте 2 и 5 лет в контрольных и загрязненных населенных пунктах. У этой возрастной группы уровень гемоглобина несколько выше в загрязненных населенных пунктах.

[7] Д-р А.М. Лягинская (Москва).

Таблица 14

Взрослые люди с указанием на анемию в анамнезе

Наличие анемии в анамнезе	Лица в загрязненных населенных пунктах		Лица в контрольных населенных пунктах		Всего
	Количество	Процент	Количество	Процент	
Да	25	10	11	5	36
Нет	239	90	225	95	464
Всего	236	100	264	100	500

p = 0,038.

Таблица 15

Уровень гемоглобина (г/дл) (Среднее значение и стандартное отклонение)

Респ.	Нас. пункт	Пол	Группа 1		Группа 2		Группа 3		Группа 4		Группа 5		Группа 6		Все группы 1–5	
			Ср.зн.	СО	Ср.зн.	СО	Ср.зн.	СО	Ср.зн.	СО	Ср.зн.	СО	Ср.зн.	СО	Ср.зн.	СО
БССР	Брагин[a]	М	11,9	0,81	12,24	0,56	12,85	0,60	14,38	1,19	13,09	2,89	13,2	1,45	12,62	1,42
		Ж	12	0,87	12,51	0,57	12,86	0,85	13,53	0,59	13,36	0,57	12,58	0,97	12,89	0,82
	Кировск	М	11,4	1,04	12,11	0,78	12,78	0,35	15,71	0,81	14,53	0,63	12,89	1,51	12,89	1,64
		Ж	12,4	0,75	11,83	0,70	12,74	0,53	12,99	0,73	13,68	1,04	12,69	0,88	12,85	0,97
	Ходосы	М	11,6	0,88	11,81	0,74	12,56	0,53	15,07	0,39	13,99	1,28	13,38	1,34	12,94	1,48
		Ж	11,4	0,61	12,23	0,40	13,01	0,91	13,66	0,86	13,54	0,78	12,33	1,42	12,76	1,16
	Веприн[a]	М	11,6	1,03	11,96	0,53	12,94	0,66	17,3	1,70	14,98	0,93	14,28	2,26	12,92	1,74
		Ж	10,9	1,47	12,25	1,03	12,38	0,44	12,7	0,88	13,41	0,50	12,78	1,78	12,35	1,08
	Корма[a]	М	12,8	0,93	12,74	0,71	13,29	0,53	15,38	1,59	14,74	0,35	12,72	1,23	13,86	1,43
		Ж	12,3	0,54	12,75	0,60	12,92	0,49	13,28	0,65	13,46	0,96	13,08	0,86	12,90	0,72
РСФСР	Унеча	М	13	0,87	12,34	0,70	13,4	0,53	15,43	0,74	14,75	0,48	13,2	—	13,76	1,33
		Ж	11,9	1,37	12,42	0,82	13,51	0,95	13,67	0,87	13,7	0,71	13,05	1,34	13,07	1,17
	Сураж	М	12,8	0,88	12,43	0,50	13,64	0,84	15,18	0,49	15,33	0,85	—	—	13,47	1,31
		Ж	12,7	0,26	12,43	0,66	13,06	0,83	13,13	1,20	14,17	1,05	—	—	13,21	1,11
	Новозыбков[a]	М	12	0,81	12,21	0,47	13,51	0,63	15,79	0,81	15,43	1,22	—	—	13,68	1,71
		Ж	12,1	0,80	12,15	0,54	12,95	0,78	13,86	0,73	13,8	0,75	9,9	—	13,06	1,06
	Злынка[a]	М	12,5	0,59	12,44	0,61	13,06	0,55	14,94	0,88	14,38	1,12	—	—	13,37	1,26
		Ж	12,8	0,86	12,47	0,40	12,75	1,01	12,98	0,98	14,19	0,91	13,45	1,20	12,95	0,99
УССР	Троковичи	М	11,1	2,07	11,85	0,89	12,55	0,79	15,4	0,90	14,93	1,25	13,36	1,59	12,64	1,85
		Ж	11,7	1,37	12,14	0,52	13,13	1,01	13,08	0,85	13,25	1,14	13,06	1,52	12,77	1,15
	Народичи[a]	М	11,3	1,01	12,43	0,42	13,34	0,49	14,55	0,81	15,08	1,08	15,2	—	13,56	1,66
		Ж	12,1	1,02	12,24	0,98	13,21	0,60	13,43	1,12	14,09	0,55	—	—	13,08	1,07
	Полесское[a]	М	11,8	0,87	11,96	1,36	13,11	0,59	15,54	0,71	15,45	0,90	14,6	1,41	13,52	1,91
		Ж	12	1,17	12,11	0,99	13,33	0,92	13,45	1,04	13,87	0,74	13	—	12,94	1,19
	Красиловка, Чемер	М	11,4	1,26	12,33	0,65	12,58	0,90	15,26	0,72	14,25	0,89	14,69	1,47	13,45	1,64
		Ж	11,1	0,79	12,03	0,70	12,47	0,65	13,15	1,50	13,94	0,91	12,73	1,21	12,37	1,32
Всего		М	12,04	1,12	12,22	0,74	13,04	0,71	15,33	0,98	14,68	1,30	13,61	1,62	13,30	1,60
		Ж	11,94	1,04	12,3	0,73	12,95	0,82	13,34	0,94	13,73	0,87	12,77	1,30	12,87	1,08

Таблица 15 (продолжение)

Респ.	Нас. пункт	Пол	Группа 1		Группа 2		Группа 3		Группа 4		Группа 5		Группа 6		Все группы 1–5	
			Ср.зн.	СО	Ср.зн.	СО	Ср.зн.	СО	Ср.зн.	СО	Ср.зн.	СО	Ср.зн.	СО	Ср.зн.	СО
БССР	Обслед. загрязн.	М	12,04	0,98	12,34	0,68	13	0,61	15,32	1,60	14,29	1,80	13,43	1,75	13,16	1,60
	нас. пункты	Ж	11,9	1,07	12,49	0,75	12,68	0,63	13,26	0,70	13,4	0,66	12,79	1,22	12,74	0,90
	Обслед. контр.	М	11,5	0,95	11,99	0,77	12,64	0,47	15,35	0,70	14,18	1,11	13,18	1,40	12,91	1,55
	нас. пункты	Ж	11,86	0,85	12,06	0,57	12,89	0,76	13,35	0,90	13,64	0,94	12,51	1,18	12,80	1,07
РСФСР	Обслед. загрязн.	М	12,3	0,72	12,33	0,55	13,31	0,63	15,36	0,90	14,8	1,25	—	—	13,51	1,49
	нас. пункты	Ж	12,4	0,86	12,32	0,49	12,81	0,93	13,51	0,90	13,95	0,82	12,27	2,22	13,01	1,02
	Обслед. контр.	М	12,9	0,86	12,4	0,58	13,5	0,67	15,38	0,70	15,06	0,74	13,2	—	13,63	1,32
	нас. пункты	Ж	12,2	1,13	12,42	0,74	13,31	0,91	13,28	1,10	13,91	0,89	13,05	1,34	13,14	1,14
УССР	Обслед. загрязн.	М	11,6	0,92	12,14	1,11	13,22	0,54	15,21	0,90	15,27	0,99	14,72	1,25	13,54	1,80
	нас. пункты	Ж	12	1,09	12,18	0,96	13,26	0,75	13,44	1,10	13,98	0,63	13	—	13,01	1,13
	Обслед. контр.	М	11,2	1,66	12,06	0,81	12,56	0,83	15,28	0,70	14,49	1,05	13,91	1,66	13,11	1,77
	нас. пункты	Ж	11,3	1,08	12,08	0,62	12,84	0,92	13,12	1,20	13,54	1,08	12,97	1,44	12,57	1,25
Всего	Обслед. загрязн.	М	12	0,91	12,29	0,74	13,15	0,61	15,31	1,20	14,78	1,45	13,62	1,74	13,37	1,62
	нас. пункты	Ж	12,1	1,02	12,37	0,76	12,9	0,78	13,38	0,89	13,74	0,76	12,78	1,25	12,89	1,01
	Обслед. контр.	М	12,09	1,32	12,14	0,74	12,92	0,78	15,34	0,68	14,54	1,04	13,61	1,57	13,23	1,57
	нас. пункты	Ж	11,78	1,04	12,2	0,66	13,01	0,88	13,28	1,01	13,73	0,96	12,77	1,33	12,86	1,17

[a] Населенные пункты в загрязненном районе.

Данные указывают на отсутствие статистически достоверного различия между жителями контрольных и загрязненных территорий и различных населенных пунктов.

Для всех обследованных людей определялся уровень лейкоцитов (белых кровяных телец). Это важно потому, что процентное содержание различных их форм непосредственно связано со степенью инфицирования организма и типом инфекции. Дифференциальный анализ проводился по результатам микроскопического анализа. Данные представлены в табл. 20–25 и на рис. 12–15.

Уровень тромбоцитов определялся прямым обсчетом анализов крови всех обследованных людей при помощи установки Кулетра Т 660. Результаты, полученные в двух населенных пунктах (Народичи и Брагин), не использовались. Это вызвано тем, что использованные методы контроля качества помогли выявить технические проблемы (электрический фон), которые искажали (искусственно завышали) количество тромбоцитов. Для всех остальных населенных пунктов результаты были признаны действительными. Важно было определить уровни тромбоцитов, так как они играют важную роль в процессе свертывания крови и характеризуются определенной радиочувствительностью. Результаты приводятся в табл. 26 и 27 и на рис. 16 и 17.

3.2.1.4. Заключение по гематологическому профилю

Проблема анемии обсуждалась во многих советских исследованиях, которые были представлены на рассмотрение международных экспертов. При этом не было четкого определения критериев, связанных с анемией. В связи с этим данные в докладе представлены в виде уровней гемоглобина и эритроцитов в крови у жителей различных населенных пунктов и возрастных групп. Это позволит различным исследователям сравнить результаты, полученные экспертами со своими данными.

В рамках Проекта были подтверждены выводы советских врачей о низком содержании гемоглобина в крови у некоторых детей в различных населенных пунктах. Количество выездов было достаточным для того, чтобы документально определить диапазон уровней гемоглобина в крови у различных возрастных групп людей, проживающих на данной территории, а также подтвердить отсутствие существенного различия в уровнях гемоглобина у людей, проживающих на чистых территориях, территориях с небольшим радиоактивным загрязнением и территориях с высоким уровнем радиоактивного загрязнения. Такие же результаты были получены и советскими исследователями.

Таблица 16

Уровни гемоглобина

Группы	Уровень гемоглобина (г/дл)											
	<11		≥11 <12		≥12 <13		≥13		Неизвестный		Всего	
	№	%	№	%	№	%	№	%	№	%	№	%
У мужчин в загрязненном районе												
1	8	9,52	29	34,52	30	35,71	8	9,52	9	10,71	84	100
2	2	2,56	24	30,77	36	46,15	16	20,51	0	0,00	78	100
3	0	0,00	4	5,19	27	35,06	46	59,74	0	0,00	77	100
4	0	0,00	0	0,00	1	1,89	52	98,11	0	0,00	53	100
5	2	2,82	0	0,00	2	2,82	67	94,37	0	0,00	71	100
6	1	2,86	5	14,29	8	22,86	20	57,14	1	2,86	35	100
Всего	13		62		104		209		10		398	
У мужчин в контрольном районе												
1	10	14,93	15	22,39	25	37,31	15	22,39	2	2,99	67	100
2	4	5,63	22	30,99	35	49,30	9	12,68	1	1,41	71	100
3	0	0,00	7	9,33	32	42,67	35	46,67	1	1,33	75	100
4	0	0,00	0	0,00	0	0,00	53	100	0	0,00	53	100
5	1	2,08	0	0,00	0	0,00	46	95,83	1	2,08	48	100
6	1	1,56	8	12,50	14	21,87	39	60,94	2	3,12	64	100
Всего	16		52		106		197		7		378	
У женщин в загрязненном районе												
1	6	9,68	16	25,81	24	38,71	11	17,74	5	8,06	62	100
2	5	5,75	17	19,54	46	52,87	18	20,69	1	1,15	87	100
3	0	0,00	11	13,25	33	39,76	39	46,99	0	0,00	83	100
4	1	1,20	5	6,02	16	19,28	61	73,49	0	0,00	83	100
5	0	0,00	1	1,72	7	12,07	49	84,48	1	1,72	58	100
6	3	4,00	11	14,67	23	30,67	35	46,67	3	4,00	75	100
Всего	15		61		149		213		10		448	
У женщин в контрольном районе												
1	12	20,00	16	26,67	25	41,67	5	8,33	2	3,33	60	100
2	1	1,89	15	28,30	32	60,38	4	7,55	1	1,89	53	100
3	0	0,00	6	10,17	23	38,98	30	50,85	0	0,00	59	100
4	1	1,49	5	7,46	18	26,87	43	64,18	0	0,00	67	100
5	0	0,00	4	5,88	11	16,18	53	77,94	0	0,00	68	100
6	7	6,60	20	18,87	29	27,36	48	45,28	2	1,89	106	100
Всего	21		66		138		183		5		413	

Для сравнения в табл. 28 представлены скорректированные по возрасту показатели некоторых гематологических параметров у населения США.

В рамках Проекта не удалось выявить причину низкого уровня гемоглобина, но есть подозрение, что ограниченное содержание железа и его биологическая доступность в рационе питания — это лишь некоторые из целого ряда причин низкого содержания гемоглобина в крови у детей, поскольку во многих случаях эритроциты имели нормальные размеры (нормоциты). При этом

возникает вопрос о дефиците в организме других веществ, таких, как витамины. Группа не проводила анализ поступления витаминов в организм (см. раздел 3.7 "Питание") и определение уровней витаминов в крови.

Показатели объема эритроцитов у советских детей, обследование которых проводила группа экспертов, были такими же, как у детей в США. Уровень гемоглобина был ниже. В соответствии с рассмотрением данной проблемы в разделе 3.7 "Питание", более низкий уровень гемоглобина не был связан со свинцовой интоксикацией. Отсутствовали существенные различия гематологических показателей между населением СССР и США.

Нормальные показатели лейкоцитов у населения США представлены в табл. 29.

Хотя уровень лейкоцитов в крови у населения в СССР несколько выше, чем в США, это различие несущественно. Распределение по типам лейкоцитов одинаковое.

Уровни и процентное отношение различных типов лейкоцитов одинаковы для людей, проживающих в контрольных и загрязненных населен-

Таблица 17

Гематокрит в виде процента от объема крови (среднее значение и стандартное отклонение)

Респ.	Нас. пункты	Группа 1		Группа 2		Группа 3		Группа 4		Группа 5		Группа 6		Все группы 1-5	
		Ср.зн.	СО	Ср.зн.	СО	Ср.зн.	СО	Ср.зн.	СО	Ср.зн.	СО	Ср.зн.	СО	Ср.зн.	СО
БССР	Брагин[a]	35,82	2,10	36,63	1,60	38,04	1,84	39,92	2,42	39,22	5,39	37,89	3,29	37,78	3,08
	Кировск	35,71	2,30	35,58	2,19	37,86	1,63	41,15	4,16	41,46	2,85	37,82	3,04	38,23	3,75
	Ходосы	34,28	2,02	35,30	1,67	37,50	2,12	41,89	2,81	41,21	3,07	38,02	4,02	38,02	3,84
	Веприн [a]	35,02	2,42	36,22	2,25	37,64	1,62	41,01	6,09	42,16	2,95	39,49	6,51	37,87	3,68
	Корма[a]	37,41	2,37	38,05	1,72	38,90	1,70	43,05	4,45	42,55	2,40	38,98	2,53	39,94	3,51
РСФСР	Унеча	35,57	4,67	35,58	1,99	38,25	1,97	42,15	3,11	39,93	2,24	37,47	3,20	38,25	3,90
	Сураж	36,55	2,27	35,66	1,70	38,21	2,37	39,11	3,56	42,27	2,97	—	—	38,37	3,48
	Новозыбков[a]	35,21	2,18	35,78	1,56	38,40	1,90	42,74	3,42	41,86	3,39	30,90	—	38,88	4,02
	Злынка[a]	36,88	1,89	36,81	1,51	37,92	2,22	41,65	3,29	42,31	2,60	39,65	3,89	38,82	3,24
УССР	Троковичи	34,41	4,15	36,14	2,31	38,39	2,40	41,56	3,94	41,32	3,78	38,88	5,36	38,02	4,08
	Народичи[a]	33,95	3,58	36,11	2,24	38,36	1,59	40,17	2,75	43,12	3,04	43,10	—	38,82	3,89
	Полесское[a]	34,80	3,02	34,97	3,15	38,29	2,25	41,03	3,69	43,08	3,24	41,10	4,30	38,34	4,47
	Красиловка, Чемер	33,14	2,62	35,24	2,49	36,61	2,07	42,44	3,44	40,78	2,62	40,23	4,62	37,74	4,35
Всего		35,39	2,99	36,06	2,16	38,02	2,02	41,37	3,63	41,63	3,29	38,71	4,47	38,39	3,82
БССР	Обслед. загряз. нас. пункты	36,14	2,41	36,93	1,97	38,16	1,78	41,26	4,13	41,29	4,04	38,63	4,31	38,52	3,53
	Обслед. контр. нас. пункты	34,98	2,25	35,45	1,95	37,65	1,92	41,55	3,47	41,34	2,92	37,93	3,57	38,12	3,79
РСФСР	Обслед. загряз. нас. пункты	36,12	2,17	36,34	1,60	38,14	2,07	42,25	3,36	42,08	3,00	36,73	5,75	38,85	3,63
	Обслед. контр. нас. пункты	36,00	3,81	35,62	1,83	38,23	2,13	40,63	3,65	41,05	2,84	37,47	3,20	38,31	3,70
УССР	Обслед. загряз. нас. пункты	34,53	3,17	35,49	2,79	38,33	1,91	40,63	3,27	43,10	3,10	41,43	3,93	38,56	4,21
	Обслед. контр. нас. пункты	33,72	3,40	35,71	2,41	37,52	2,39	42,17	3,55	41,04	3,18	39,31	5,15	37,87	4,22
Всего	Обслед. загряз. нас. пункты	35,74	2,62	36,42	2,17	38,20	1,89	41,38	3,69	42,08	3,52	38,73	4,34	38,63	3,75
	Обслед. контр. нас. пункты	35,02	3,31	35,59	2,07	37,81	2,16	41,37	3,58	41,14	2,95	38,70	4,56	38,11	3,89

[a] Населенные пункты в загрязненном районе.

Таблица 18

Количество эритроцитов (млн./мм^3)

Респ.	Нас. пункты	Группа 1		Группа 2		Группа 3		Группа 4		Группа 5		Группа 6		Все группы 1-5	
		Ср.зн.	СО	Ср.зн.	СО	Ср.зн.	СО	Ср.зн.	СО	Ср.зн.	СО	Ср.зн.	СО	Ср.зн.	СО
БССР	Брагин[a]	4,50	0,37	4,38	0,22	4,48	0,22	4,38	0,39	4,38	0,53	4,42	0,36	4,43	0,34
	Кировск	4,52	0,37	4,31	0,28	4,42	0,21	4,52	0,48	4,52	0,26	4,34	0,34	4,45	0,34
	Ходосы	4,29	0,28	4,30	0,28	4,50	0,33	4,58	0,27	4,56	0,41	4,46	0,46	4,45	0,33
	Веприн[a]	4,22	0,64	4,32	0,32	4,49	0,25	4,36	0,64	4,54	0,31	4,38	0,66	4,39	0,41
	Корма[a]	4,60	0,23	4,56	0,26	4,58	0,25	4,66	0,45	4,61	0,24	4,45	0,24	4,60	0,29
РСФСР	Унеча	4,56	0,65	4,30	0,24	4,54	0,24	4,63	0,37	4,42	0,23	4,56	0,53	4,50	0,40
	Сураж	4,52	0,26	4,27	0,23	4,50	0,30	4,42	0,33	4,71	0,41	—	—	4,48	0,34
	Новозыбков[a]	4,35	0,46	4,27	0,27	4,56	0,27	4,65	0,37	4,69	0,39	3,92	—	4,50	0,39
	Злынка[a]	4,49	0,22	4,42	0,21	4,48	0,31	4,56	0,35	4,49	0,28	4,46	0,34	4,48	0,27
УССР	Троковичи	4,68	0,44	4,31	0,31	4,47	0,29	4,60	0,43	4,60	0,45	4,50	0,50	4,51	0,39
	Народичи[a]	4,34	0,55	4,34	0,29	4,51	0,23	4,44	0,38	4,70	0,58	4,20	—	4,48	0,42
	Полесское[a]	4,36	0,39	4,21	0,41	4,52	0,28	4,49	0,29	4,68	0,37	4,61	0,42	4,45	0,38
	Красиловка, Чемер	4,22	0,36	4,25	0,36	4,31	0,25	4,60	0,37	4,50	0,40	4,57	0,47	4,38	0,37
Всего		4,44	0,43	4,33	0,29	4,49	0,27	4,53	0,39	4,57	0,39	4,45	0,45	4,47	0,36
БССР	Обслед. загряз. нас. пункты	4,46	0,44	4,42	0,27	4,51	0,24	4,48	0,46	4,51	0,39	4,42	0,44	4,47	0,36
	Обслед. контр. нас. пункты	4,40	0,34	4,30	0,28	4,47	0,29	4,55	0,38	4,54	0,34	4,40	0,41	4,45	0,34
РСФСР	Обслед. загряз. нас. пункты	4,43	0,35	4,35	0,25	4,52	0,29	4,61	0,36	4,59	0,35	4,28	0,39	4,49	0,33
	Обслед. контр. нас. пункты	4,45	0,51	4,28	0,24	4,52	0,26	4,52	0,36	4,56	0,36	4,56	0,53	4,49	0,37
УССР	Обслед. загряз. нас. пункты	4,36	0,44	4,27	0,36	4,52	0,25	4,47	0,33	4,69	0,48	4,54	0,41	4,46	0,40
	Обслед. контр. нас. пункты	4,43	0,45	4,28	0,33	4,39	0,28	4,60	0,39	4,55	0,42	4,53	0,49	4,44	0,39
Всего	Обслед. загряз. нас. пункты	4,43	0,41	4,36	0,30	4,52	0,26	4,52	0,40	4,59	0,41	4,42	0,43	4,48	0,36
	Обслед. контр. нас. пункты	4,46	0,44	4,29	0,28	4,46	0,28	4,55	0,37	4,55	0,37	4,47	0,46	4,46	0,37

[a] Населенные пункты в загрязненном районе.

ных пунктах. Это свидетельствует о том, что, по-видимому, отсутствуют различия в уровне инфекционных заболеваний. Отсутствие значительной эозинофилии свидетельствует о том, что даже если паразитарная инвазия и присутствует, то она не представляет собой основную клиническую проблему. Самый высокий уровень лейкоцитов был обнаружен у детей. Это — обычное явление у большинства народов. В следующем разделе представлены конкретные данные по лимфоцитам.

Маловероятно, что авария на ЧАЭС оказала статистически значимое влияние на основные гематологические параметры у населения. Исходя из расчетных и измеренных уровней доз, не следовало ожидать каких-либо изменений, непосредственно связанных с облучением. Вторичные факторы (такие, как ограничения в рационе питания) могли сыграть свою роль в начальный период после аварии, но если это и произошло, то не удалось выявить отдаленных последствий облучения для системы крови.

Таблица 19

Средний корпускулярный объем (фл) эритроцитов (среднее значение и стандартное отклонение)

Респ.	Нас. пункты	Группа 1		Группа 2		Группа 3		Группа 4		Группа 5		Группа 6		Все группы 1–5	
		Ср.зн.	СО	Ср.зн.	СО	Ср.зн.	СО	Ср.зн.	СО	Ср.зн.	СО	Ср.зн.	СО	Ср.зн.	СО
БССР	Брагин[a]	80,00	5,71	83,67	2,47	84,91	2,01	91,48	4,40	89,35	5,27	85,88	5,14	85,55	5,72
	Кировск	79,45	6,97	82,66	2,43	85,57	2,43	91,26	4,44	91,67	3,74	87,24	4,88	85,90	6,49
	Ходосы	79,98	3,03	82,17	3,55	83,43	3,12	91,37	4,12	90,48	3,32	85,36	3,70	85,40	5,71
	Веприн[a]	80,39	3,37	83,92	2,13	84,04	3,00	94,25	5,88	92,79	3,08	90,08	4,59	85,74	5,63
	Корма[a]	81,33	2,40	82,66	5,30	85,10	2,46	92,43	3,82	92,35	4,47	87,62	4,55	86,67	6,05
РСФСР	Унеча	78,46	6,87	82,88	1,99	84,37	2,70	91,27	4,43	90,46	4,09	82,33	2,73	85,25	6,55
	Сураж	80,91	2,95	83,59	2,34	84,89	2,38	88,56	3,96	89,90	3,50	—	—	5,63	4,49
	Новозыбков[a]	81,37	5,25	83,98	2,89	84,70	3,84	92,00	2,95	89,39	2,62	78,80	—	86,42	5,25
	Злынка[a]	82,16	2,52	83,37	2,31	84,68	2,31	91,43	4,00	94,35	4,29	88,90	1,84	86,64	5,57
УССР	Троковичи	75,62	9,68	83,90	3,67	86,01	2,62	90,30	2,74	89,92	5,83	87,44	7,40	84,67	7,41
	Народичи[a]	78,54	4,12	83,21	3,43	85,07	2,11	90,67	5,86	92,41	6,81	102,70	—	86,74	6,58
	Полесское[a]	79,80	2,41	83,15	2,30	84,75	2,69	91,28	4,81	92,26	5,26	88,98	2,38	86,13	6,04
	Красиловка, Чемер	78,63	4,10	83,02	3,19	84,91	2,34	92,50	6,46	90,82	4,28	88,09	4,65	86,06	6,62
Всего		79,83	5,19	83,27	3,02	84,76	2,68	91,35	4,57	91,22	4,62	87,24	5,57	85,91	6,02
БССР	Обслед. загряз. нас. пункты	80,52	4,33	83,44	3,48	84,66	2,53	92,25	4,45	91,42	4,64	87,53	5,10	85,97	5,81
	Обслед. контр. нас. пункты	79,72	5,28	82,43	2,98	84,31	3,02	91,32	4,22	91,09	3,54	86,25	4,37	85,64	6,09
РСФСР	Обслед. загряз. нас. пункты	81,80	3,97	83,65	2,57	84,69	3,07	91,74	3,43	91,80	4,30	85,53	5,97	86,53	5,41
	Обслед. контр. нас. пункты	79,52	5,61	83,23	2,18	84,59	2,55	89,92	4,37	90,20	3,78	82,33	2,73	85,43	5,67
УССР	Обслед. загряз. нас. пункты	79,40	3,03	83,18	2,84	84,92	2,38	91,00	5,26	92,34	6,00	91,27	5,99	86,41	6,28
	Обслед. контр. нас. пункты	77,21	7,33	83,52	3,44	85,48	2,52	91,84	5,65	90,40	5,01	87,65	6,63	85,41	7,01
Всего	Обслед. загряз. нас. пункты	80,67	4,01	83,44	3,08	84,74	2,64	91,72	4,44	91,82	4,96	87,68	5,20	86,26	5,82
	Обслед. контр. нас. пункты	78,94	6,09	83,05	2,94	84,78	2,73	90,94	4,70	90,55	4,12	86,97	5,79	85,50	6,23

[a] Населенные пункты в загрязненном районе.

3.2.2. Иммунная система

3.2.2.1. Обоснование

Иммунная реакция организма в основном определяется двумя типами клеток, лимфоцитами и макрофагами. Эти клетки циркулируют в крови, а также имеются в лимфатической системе и органах. Роль макрофагов не совсем понятна, но, очевидно, они выполняют в основном регуляторные функции. Лимфоциты отвечают за распознавание инородных тел, вызывают развитие и регулируют иммунную реакцию организма, а также являются иммунологической памятью организма.

Незрелые лимфоциты очень чувствительны к облучению — настолько чувствительны, что их можно использовать в качестве биологических дозиметров. Однократная доза 0,5 Гр на все тело вызывает измеряемое, хотя и временное, понижение уровня лимфоцитов. Существует два основных подвида лимфоцитов — Т-клетки и

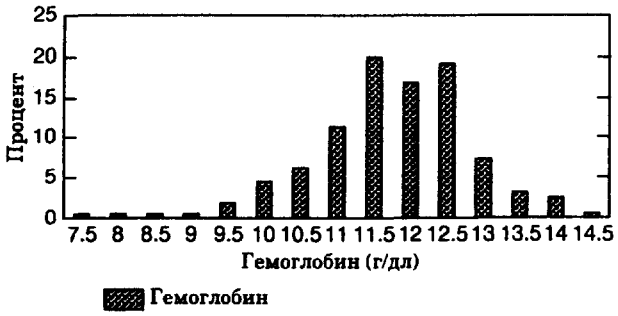


Рис. 4. Распределение уровней гемоглобина у детей в возрасте 2 лет во всех населенных пунктах. 10%: 10,6 г/дл; 50%: 12,1 г/дл; 90%: 13,1 г/дл

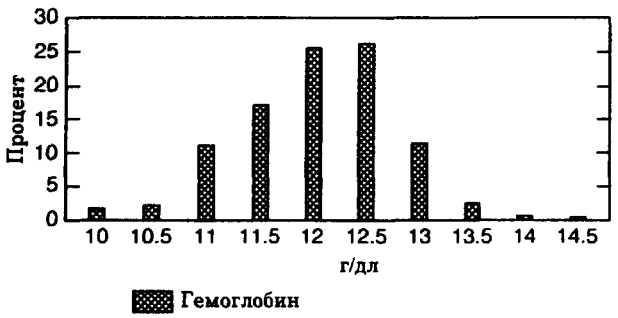


Рис. 5. Распределение уровней гемоглобина у детей в возрасте 5 лет во всех населенных пунктах. 10%: 11,3 г/дл; 50%: 12,3 г/дл; 90%: 13,2 г/дл



Рис. 6. Средний рассчитанный показатель гематокрита, скорректированный по полу и возрасту. СО: ± 0,3%

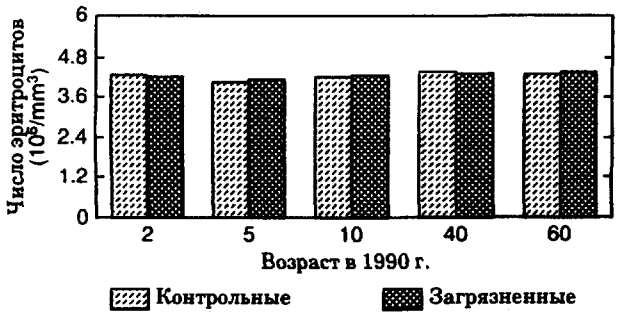


Рис. 7. Среднее количество эритроцитов в различных возрастных группах в контрольных и загрязненных населенных пунктах

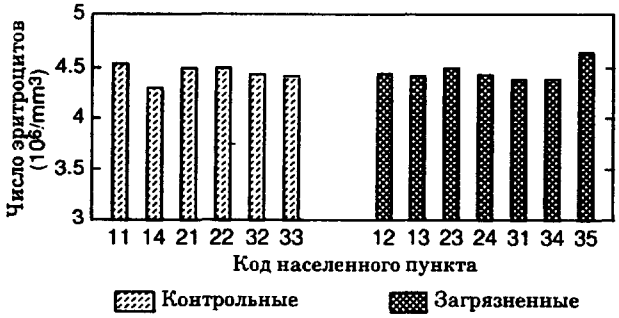


Рис. 8. Среднее количество эритроцитов в различных населенных пунктах, скорректированное по возрасту и полу. СО: ±0,05

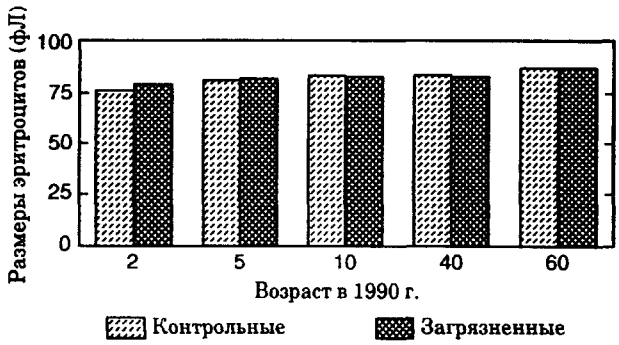


Рис. 9. Размеры эритроцитов в различных возрастных группах в контрольных и загрязненных населенных пунктах. СО: 9–16

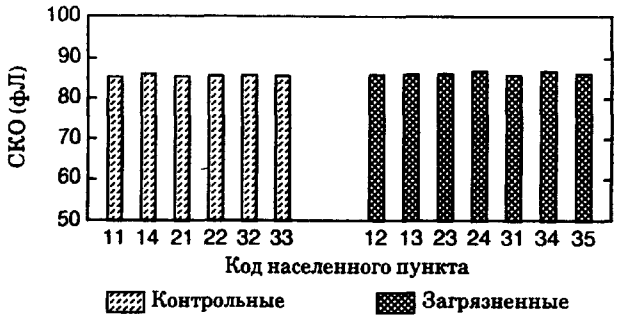


Рис. 10. Средний объем эритроцитов в различных населенных пунктах, скорректированный по возрасту и полу. СО: ±1фЛ. (СКО: средний объем клетки)

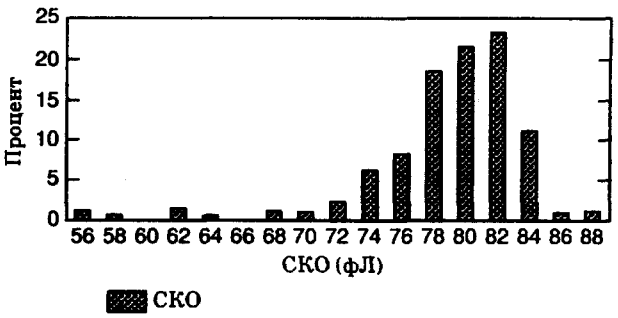


Рис. 11. Распределение показателей размера эритроцитов у детей в возрасте 2 лет во всех вместе взятых населенных пунктах. 10%: 74,9 фЛ; 50%: 80,6 фЛ; 90%: 84,4 фЛ. (СКО: средний объем клетки)

Таблица 20

Количество лейкоцитов (тыс./мм^3) (среднее значение и стандартное отклонение)

Респ.	Нас. пункты	Группа 1		Группа 2		Группа 3		Группа 4		Группа 5		Группа 6		Все группы 1–5	
		Ср.зн.	СО	Ср.зн.	СО	Ср.зн.	СО	Ср.зн.	СО	Ср.зн.	СО	Ср.зн.	СО	Ср.зн.	СО
БССР	Брагин[a]	9,78	2,72	9,91	2,31	10,32	2,78	7,01	1,47	8,65	2,49	8,43	2,33	9,21	2,65
	Кировск	11,33	2,38	9,50	2,54	8,17	1,40	7,96	1,69	7,47	1,97	9,09	3,20	8,97	2,47
	Ходосы	9,58	1,88	9,14	1,77	8,71	1,98	8,36	1,86	8,13	1,72	8,55	1,87	8,79	1,89
	Веприн[a]	9,21	2,69	8,42	1,96	7,94	2,22	7,94	2,52	9,55	1,64	7,91	2,06	8,54	2,15
	Корма[a]	10,28	1,85	9,84	2,47	8,05	2,50	7,4	1,66	7,28	1,25	8,52	1,97	8,58	2,35
РСФСР	Унеча	12,93	3,13	9,26	2,21	7,81	1,71	8,25	1,87	8,21	1,99	10,77	3,01	9,37	2,98
	Сураж	13,00	4,16	9,84	1,74	8,29	2,09	8,25	1,81	7,85	2,93	—	—	9,42	3,25
	Новозыбков[a]	10,96	3,59	10,54	2,25	7,81	2,07	7,65	2,04	9,02	3,29	10,1	—	9,16	2,98
	Злынка[a]	11,00	2,70	8,67	2,11	8,06	1,38	8,13	2,24	8,52	1,98	7,25	2,47	8,91	2,35
УССР	Троковичи	10,04	3,12	10,60	4,69	9,54	4,74	8,11	1,41	8,33	1,99	9,24	3,15	9,51	3,81
	Народичи[a]	11,34	3,06	10,71	1,82	7,98	1,65	8,27	1,27	8,56	1,14	8,50	—	9,11	2,13
	Полесское[a]	10,54	4,06	8,84	2,01	8,25	2,63	7,55	1,85	8,63	2,26	9,74	5,27	8,78	2,84
	Красиловка, Чемер	9,23	1,90	9,19	2,74	7,25	1,42	8,23	1,88	7,51	1,47	8,18	1,85	8,27	2,07
Всего		10,77	3,14	9,56	2,52	8,34	2,44	7,91	1,79	8,25	2,15	8,69	2,60	8,97	2,66
БССР	Обслед. загряз. нас. пункты	9,80	2,46	9,45	2,33	8,80	2,72	7,30	1,55	8,36	2,05	8,31	2,16	8,82	2,44
	Обслед. контр. нас. пункты	10,43	2,29	9,33	2,20	8,49	1,77	8,18	1,78	7,79	1,85	8,80	2,58	8,88	2,19
РСФСР	Обслед. загряз. нас. пункты	10,98	3,10	9,51	2,34	7,95	1,71	7,87	2,12	8,77	2,71	8,20	2,40	9,03	2,67
	Обслед. контр. нас. пункты	12,96	3,57	9,55	1,99	8,02	1,88	8,25	1,82	8,04	2,45	10,77	3,01	9,39	3,10
УССР	Обслед. загряз. нас. пункты	10,79	3,74	9,71	2,12	8,11	2,15	7,89	1,63	8,59	1,76	9,53	4,74	8,93	2,53
	Обслед. контр. нас. пункты	9,59	2,51	9,93	3,91	8,42	3,68	8,20	1,73	7,89	1,76	8,91	2,85	8,84	3,05
Всего	Обслед. загряз. нас. пункты	10,43	3,05	9,53	2,28	8,37	2,34	7,65	1,78	8,56	2,20	8,38	2,34	8,91	2,53
	Обслед. контр. нас. пункты	11,13	3,20	9,6	2,83	8,30	2,56	8,21	1,77	7,91	2,05	8,90	2,74	9,05	2,81

[a] Населенные пункты в загрязненном районе.

В-клетки. В-лимфоциты несколько более радиочувствительны, чем Т-лимфоциты [24–30].

Рассматривались и другие показатели иммунной системы, такие, как уровень иммуноглобулинов. У лиц, получивших большую дозу облучения в результате лучевой терапии (при дозе на все тело от 1 до 4 Гр), отмечались случаи снижения уровней IgA, IgM и IgG. У людей с местным терапевтическим облучением тимуса возможно устойчивое снижение уровня Т-клеток [31, 32].

Проводилось исследование состояния иммунитета у людей, переживших атомную бомбардировку. Количество Т-клеток в периферической крови людей, получивших самые большие дозы облучения, не зависило от возраста и дозы облучения. Однако, по-видимому, существовало различие в функциональной активности лимфоцитов в отношении митогенов. Еще одно исследование было направлено на выявление у этой группы возможной повышенной предрасположенности к

Таблица 21

Количество лейкоцитов

Группа	Количество лейкоцитов ($\mu л^{-1}$)									
	≥3000 < 10 000[a]		≥10 000 < 15 000		≥15 000		Неизвестно		Всего	
	№	%	№	%	№	%	№	%	№	%
У мужчин и женщин в загрязненном районе										
1	70	47,62	52	35,37	11	7,48	14	9,52	147	100
2	92	55,42	69	41,57	4	2,41	1	0,60	166	100
3	132	82,50	26	16,25	2	1,25	0	0,00	160	100
4	124	91,18	12	8,82	0	0,00	0	0,00	136	100
5	101	78,29	25	19,38	2	1,55	1	0,78	129	100
6	85	75,22	23	20,35	1	0,88	4	3,54	113	100
Всего	604		207		20		20		851	
У мужчин и женщин в контрольном районе										
1	48	37,80	65	51,18	12	9,45	2	1,57	127	100
2	81	63,78	40	31,50	4	3,15	2	1,57	127	100
3	109	81,34	23	17,16	1	0,75	1	0,75	134	100
4	103	85,83	17	14,17	0	0,00	0	0,00	120	100
5	99	85,34	15	12,93	1	0,86	1	0,86	116	100
6	124	70,45	39	22,16	8	4,55	5	2,84	176	100
Всего	564		199		26		11		800	

[a] Ни в одном случае количество лейкоцитов не было меньше 3000 $\mu л$.

инфекциям. Корреляция между дозой облучения и антителами к вирусу Эпштейна-Бара не позволяла предположить наличие повышенного числа случаев инфекционных заболеваний у облученной группы людей. Делались оценки фагоцитарной и бактерицидной активности лейкоцитов у тех, кто пережил атомную бомбардировку, и влияния облучения отмечено не было [23, 33, 34].

До определенной степени, некоторые косвенные оценки реакции иммунной системы можно сделать по анализу крови, а также по наличию и уровню лимфоцитов в крови. Еще одним косвенным показателем является общая частота заболеваемости и подверженность инфекционным заболеваниям. Это важно, так как основная функция иммунной системы заключается в защите организма от инфекций. Данные по этим аспектам представлены в разделе 3.5 "Общее состояние здоровья".

3.2.2.2. Обзор советских данных

В отношении иммунной системы отмечалось[8], что у 5-7% детей наблюдалась преходящая лейкопения, лимфопения и тромбоцитопения. Эти изменения были незначительными. Группа врачей из Москвы обследовала некоторых таких детей и сделала вывод, что изменения были связаны со средой проживания, так как у детей, помещенных в больницу на обследование, эти изменения исчезли. Существует также вероятность того, что у этих детей данные показатели были просто на нижней границе нормы. Согласно оценкам, приблизительно у 25% детей имелись хронические инфекционные заболевания

[8] Д-р Румянцев (Москва).

Таблица 22

Процент эозинофилов от общего количества лейкоцитов (среднее значение и стандартное отклонение)

Респ.	Нас. пункты	Группа 1		Группа 2		Группа 3		Группа 4		Группа 5		Группа 6		Все группы 1–5	
		Ср.зн.	СО	Ср.зн.	СО	Ср.зн.	СО	Ср.зн.	СО	Ср.зн.	СО	Ср.зн.	СО	Ср.зн.	СО
БССР	Брагин[a]	3,84	3,45	2,59	2,21	2,87	2,94	3,52	2,06	3,88	4,32	2,78	2,64	3,29	2,97
	Кировск	5,32	3,27	5,32	4,55	6,61	4,43	2,29	2,12	1,79	1,32	3,13	2,80	4,26	3,80
	Ходосы	6,43	4,56	6,30	5,41	7,08	5,43	2,83	2,50	3,94	3,70	5,25	4,20	5,39	4,71
	Веприн[a]	6,07	5,72	6,87	4,37	7,08	4,22	2,50	1,77	2,91	2,21	3,70	3,05	5,83	4,46
	Корма[a]	4,94	3,60	5,35	3,63	4,24	3,55	2,37	2,33	3,74	3,81	3,39	5,05	4,16	3,49
РСФСР	Унеча	6,90	4,52	5,30	4,85	4,05	3,02	2,86	1,88	3,36	2,72	—	—	4,45	3,76
	Сураж	6,16	3,76	7,35	5,45	5,95	3,53	1,27	1,28	2,70	2,56	—	—	4,60	4,20
	Новозыбков[a]	4,30	3,50	5,59	3,20	4,10	2,41	2,59	2,95	2,71	3,55	1,00	—	3,86	3,28
	Злынка[a]	4,92	4,28	5,33	3,98	4,88	4,04	1,68	2,08	1,95	2,15	8,00	5,66	3,96	3,82
УССР	Троковичи	3,18	4,35	3,45	4,60	1,70	1,96	2,44	2,96	2,29	2,17	1,73	2,67	2,61	3,42
	Народичи[a]	3,50	2,22	6,17	5,19	7,45	3,83	2,89	2,21	2,37	1,83	3,50	3,54	4,66	3,93
	Полесское[a]	8,33	11,62	5,50	4,26	4,17	3,97	2,91	3,45	2,63	2,43	4,20	4,66	4,74	6,45
	Красиловка, Чемер	7,35	5,17	6,19	4,32	4,58	2,95	1,15	0,93	1,15	1,42	4,00	7,15	4,00	4,13
Всего		5,53	5,28	5,41	4,42	5,01	4,01	2,43	2,32	2,70	2,82	3,19	4,04	4,28	4,16
БССР	Обслед. загряз. нас. пункты	4,73	4,18	4,81	3,86	4,81	4,01	2,94	2,05	3,59	3,64	3,20	3,38	4,28	3,73
	Обслед. контр. нас. пункты	5,89	3,98	5,79	4,94	6,89	4,99	2,58	2,32	2,81	2,89	4,12	3,66	4,85	4,33
РСФСР	Обслед. загряз. нас. пункты	4,64	3,91	5,45	3,62	4,51	3,36	2,17	2,60	2,35	2,96	5,67	5,69	3,91	3,57
	Обслед. контр. нас. пункты	6,54	4,13	6,33	5,20	4,98	3,38	2,05	1,77	3,05	2,63	—	—	4,53	3,98
УССР	Обслед. загряз. нас. пункты	6,77	9,84	5,82	4,67	5,98	4,18	2,90	2,91	2,50	2,13	4,00	4,08	4,70	5,40
	Обслед. контр. нас. пункты	5,26	5,16	4,79	4,62	3,00	2,83	1,55	1,86	1,68	1,87	2,45	4,66	3,34	3,86
Всего	Обслед. загряз. нас. пункты	5,18	5,97	5,24	3,99	5,03	3,90	2,69	2,51	2,85	3,05	3,33	3,49	4,28	4,20
	Обслед. контр. нас. пункты	5,92	4,39	5,62	4,92	4,98	4,16	2,13	2,04	2,53	2,55	3,11	4,36	4,28	4,11

[a] Населенные пункты в загрязненном районе.

носоглотки. По мнению одного из врачей[9], преходящие лимфадениты и лимфоцитозы/лимфопении были вирусной этиологии и, таким образом, зависели от времени года.

УССР

По данным ВНЦРМ[10], отклонения от нормального уровня лейкоцитов были обнаружены как в загрязненных, так и в контрольных районах. Контрольным районом являлась Полтавская область. Возможно, свою роль сыграли этиологические факторы, т. е. наличие гербицидов и пестицидов. Ученые ВНЦРМ провели ограниченный иммунологический анализ у произвольно выбранных 68 лиц из контрольных районов и 187 лиц из загрязненных районов. Методика произвольной выборки непонятна, а анализы крови были получены для детей, у которых кровь брали для других не названных целей. Исследование было начато лишь год назад. В настоящее время в центре проводится исследова-

[9] Д-р Кошель (Москва).

[10] Д-р В.Г. Бебешко (Киев).

ние общего количества лейкоцитов, лимфоцитов, субпопуляций Т-клеток лимфоцитов, активности ферментов, а также исследуются поверхностные антигены. Начальные результаты свидетельствуют об отсутствии различий в общем количестве лейкоцитов и лимфоцитов. Результаты исследования субпопуляции лимфоцитов противоречат друг другу, и их авторы продолжают работать над методикой радиоиммунологического анализа и разделения клеток.

БССР

В Брагине местные органы здравоохранения отметили случаи лимфоцитоза неясной этиологии, а также случаи бессимптомной преходящей лимфаденопатии у детей. Точные данные представлены не были. В Минске у различных групп детей в некоторых случаях были отмечены различные уровни антител после иммунизации. Даже после дополнительного разъяснения иммуно-

Таблица 23

Процент моноцитов от общего количества лейкоцитов (среднее значение и старндартное отклонение)

Респ.	Нас. пункты	Группа 1		Группа 2		Группа 3		Группа 4		Группа 5		Группа 6		Все группы 1-5	
		Ср.зн.	СО	Ср.зн.	СО	Ср.зн.	СО	Ср.зн.	СО	Ср.зн.	СО	Ср.зн.	СО	Ср.зн.	СО
БССР	Брагин[a]	8,40	4,42	6,93	3,42	6,83	2,44	8,12	3,70	8,31	2,96	8,10	3,19	7,67	3,51
	Кировск	7,05	3,08	7,14	3,01	6,44	2,59	7,48	2,73	7,05	2,30	6,44	3,02	7,05	2,74
	Ходосы	12,22	4,39	11,00	4,08	12,00	4,76	12,42	4,60	11,65	4,57	11,54	4,14	11,90	4,44
	Веприн[a]	8,86	4,91	9,26	4,36	9,76	3,73	6,63	3,66	6,55	4,37	8,11	2,65	8,72	4,29
	Корма[a]	7,18	3,52	9,30	5,43	10,48	6,43	8,89	2,88	5,63	2,61	5,83	2,77	8,40	4,77
РСФСР	Унеча	6,90	3,19	4,20	2,65	4,10	3,27	5,67	2,50	5,55	2,89	—	—	5,28	3,04
	Сураж	3,74	2,33	3,85	2,56	6,25	2,53	3,50	2,50	3,15	2,08	—	—	4,09	2,61
	Новозыбков[a]	7,20	3,79	2,64	2,52	1,81	1,94	2,23	2,25	3,10	1,55	5,00	—	3,34	3,12
	Злынка[a]	4,08	1,95	3,44	1,95	3,92	2,75	3,63	1,80	4,95	3,34	4,00	1,41	3,96	2,41
УССР	Троковичи	7,00	3,28	4,86	3,09	4,70	3,07	4,00	2,65	5,71	2,69	6,43	3,11	5,31	3,09
	Народичи[a]	8,20	4,24	6,78	2,94	7,27	2,95	5,05	2,55	5,26	2,56	9,00	1,41	6,36	3,10
	Полесское[a]	7,86	2,95	7,80	3,37	9,11	3,45	1,55	1,34	2,37	1,80	3,80	1,79	5,64	4,11
	Красиловка, Чемер	9,12	4,51	4,95	5,23	2,00	1,86	6,55	2,96	6,70	2,41	5,52	3,29	5,79	4,23
Всего		7,49	4,15	6,29	4,28	6,63	4,60	5,94	4,18	5,71	3,58	7,26	3,61	6,42	4,23
БССР	Обслед. загряз. нас. пункты	8,14	4,27	8,41	4,51	9,00	4,64	8,17	3,43	6,78	3,36	7,63	3,06	8,20	4,19
	Обслед. контр. нас. пункты	9,69	4,58	8,98	4,02	9,73	4,84	10,11	4,54	9,22	4,20	8,82	4,38	9,57	4,44
РСФСР	Обслед. загряз. нас. пункты	5,50	3,30	3,08	2,23	2,93	2,61	2,88	2,15	3,98	2,69	4,33	1,15	3,66	2,79
	Обслед. контр. нас. пункты	5,36	3,20	4,03	2,58	5,15	3,09	4,56	2,70	4,40	2,79	—	—	4,69	2,89
УССР	Обслед. загряз. нас. пункты	7,97	3,35	7,32	3,17	8,10	3,27	3,17	2,64	3,82	2,63	5,29	2,98	5,98	3,68
	Обсле. контр. нас. пункты	8,06	4,03	4,91	4,22	3,48	2,90	5,76	3,07	6,24	2,55	6,14	3,18	5,56	3,73
Всего	Обслед. загряз. нас. пункты	7,21	3,93	6,52	4,30	6,99	4,61	5,02	3,79	4,97	3,24	7,35	3,10	6,19	4,14
	Обслед. контр. нас. пункты	7,79	4,38	5,99	4,26	6,18	4,58	6,99	4,37	6,50	3,78	7,20	3,91	6,68	4,32

[a] Населенные пункты в загрязненном районе.

Таблица 24

Процент нейтрофилов от общего количества лейкоцитов (среднее значение и стандартное отклонение)

Респ.	Нас. пункты	Группа 1		Группа 2		Группа 3		Группа 4		Группа 5		Группа 6		Все группы 1-5	
		Ср.зн.	СО	Ср.зн.	СО	Ср.зн.	СО	Ср.зн.	СО	Ср.зн.	СО	Ср.зн.	СО	Ср.зн.	СО
БССР	Брагин[a]	38.96	9,68	48,44	11,42	51,96	9,85	51,64	9,15	59,94	11,91	48,63	10,50	49,37	12,06
	Кировск	40,73	11,58	43,59	7,81	43,83	9,18	53,24	9,91	52,37	9,86	51,44	11,78	46,64	10,85
	Ходосы	35,87	9,02	46,25	14,04	45,92	10,23	58,63	6,05	56,18	7,81	47,79	10,77	48,24	12,62
	Веприн[a]	45,29	14,23	44,96	12,86	51,36	13,66	54,25	12,58	57,36	7,34	53,67	11,73	49,59	13,26
	Корма[a]	42,29	10,99	45,83	11,22	48,57	9,88	54,16	10,65	58,11	9,56	46,67	11,34	49,76	11,68
РСФСР	Унеча	31,55	9,84	38,55	7,80	43,57	10,05	55,86	7,45	53,32	11,24	—	—	44,84	12,95
	Сураж	36,89	8,66	40,85	10,88	42,30	10,59	57,73	11,07	56,10	9,54	—	—	47,09	13,18
	Новозыбков[a]	41,70	14,85	47,23	9,90	44,33	8,59	58,95	10,66	58,38	9,95	63,00	—	50,25	12,93
	Злынка[a]	34,67	10,23	41,48	12,21	46,00	9,71	56,16	11,72	57,32	9,48	49,00	15,56	46,12	13,55
УССР	Троковичи	35,18	11,89	45,09	8,86	48,13	15,15	59,56	5,39	56,71	12,68	49,25	12,30	47,69	14,07
	Народичи[a]	35,00	12,89	40,22	10,49	43,05	12,67	53,68	8,53	53,95	10,53	45,00	7,07	46,20	12,85
	Полесское[a]	38,10	12,70	40,05	11,12	42,78	12,91	56,32	8,52	53,68	10,15	51,60	14,83	46,30	13,28
	Красиловка, Чемер	45,88	11,40	47,14	10,09	49,58	16,35	60,35	9,98	56,30	11,57	53,83	12,10	52,01	13,06
Всего		38,45	11,75	43,98	11,07	46,42	11,86	56,13	9,63	56,02	10,27	50,16	11,70	47,99	12,89
БССР	Обслед. загряз. нас. пункты	41,55	11,43	46,52	11,77	50,71	11,32	52,96	10,14	58,57	9,84	49,80	11,28	49,56	12,23
	Обслед. контр. нас. пункты	38,24	10,52	44,86	11,15	45,07	9,76	56,11	8,43	54,17	9,03	49,73	11,37	47,47	11,80
РСФСР	Обслед. загряз. нас. пункты	37,86	12,89	44,06	11,49	45,22	9,14	57,66	11,11	57,88	9,62	53,67	13,65	48,12	13,38
	Обслед. контр. нас. пункты	34,15	9,55	39,70	9,42	42,95	10,21	56,81	9,41	54,64	10,43	—	—	45,95	13,08
УССР	Обслед. загряз. нас. пункты	37,10	12,63	40,13	10,68	42,93	12,62	55,10	8,52	53,82	10,21	49,71	12,85	46,26	13,04
	Обслед. контр. нас. пункты	40,53	12,69	46,09	9,42	48,79	15,53	60,10	8,72	56,49	11,92	50,70	12,36	49,96	13,68
Всего	Обслед. загряз. нас. пункты	39,26	12,29	44,25	11,64	47,08	11,53	55,05	10,11	56,89	10,02	49,92	11,34	48,23	12,87
	Обслед. контр. нас. пункты	37,55	11,10	43,63	10,33	45,61	12,24	57,36	8,95	55,09	10,49	50,32	11,95	47,71	12,92

[a] Населенные пункты в загрязненном районе.

лога группа экспертов не смогла понять необычную методику, которая использовалась в исследовании. Данные для анализа также не были представлены.

3.2.2.3. Результаты работы выездных групп

Информацию о состоянии иммунной системы можно получить по количеству лимфоцитов, а также по наличию заболеваний бактериальной этиологии и аллергических реакций. В большинстве случаев происходит изменение в распределении разных видов лейкоцитов в периферической крови. Все мазки периферической крови анализировались в Университете города Хиросима. Результаты, относящиеся к количеству лимфоцитов и процентному соотношению, представлены в табл. 30-32 и на рис. 18-21.

3.2.2.4. Заключение по иммунологическим аспектам

Детальный анализ состояния иммунной системы требует много времени, больших затрат и

технической оснащенности. Для получения воспроизводимых результатов анализа подтипов лимфоцитов требуются специальные комплекты моноклональных антител, лазерное разделение клеток и большой опыт. В развитых странах обычно существует лишь несколько групп ученых или лабораторий, которые в состоянии выполнить такие исследования. Кроме того, лимфоциты быстро распадаются и необходимо их быстро транспортировать к месту проведения анализа. Во время выездов экспертов в сельские населенные пункты нельзя было провести анализ состояния иммунной системы. Были предприняты попытки транспортировать анализы крови для дальнейшего исследования, но время на транспортировку и другие проблемы не позволили получить научно значимые результаты. В ближайшем будущем необходимо провести более детальные исследования, если при этом удастся преодолеть различные проблемы, связанные с обеспечением, оборудованием и т. п. Однако следует помнить, что при сравнительном обследовании людей из чистых и загрязненных районов с соответствующими уровнями доз, не следует

Таблица 25

Процент базофилов от общего количества лейкоцитов (среднее значение и стандартное отклонение)

Респ.	Нас. пункты	Группа 1		Группа 2		Группа 3		Группа 4		Группа 5		Группа 6		Все группы 1–5	
		Ср.зн.	СО	Ср.зн.	СО	Ср.зн.	СО	Ср.зн.	СО	Ср.зн.	СО	Ср.зн.	СО	Ср.зн.	СО
БССР	Брагин[a]	0,04	0,20	0,07	0,27	0,04	0,21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,22	0,03	0,18
	Кировск	0,09	0,29	0,05	0,21	0,06	0,24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,20
	Ходосы	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Веприн[a]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13	0,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,11
	Корма[a]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,24	0,00	0,00
РСФСР	Унеча	0,10	0,31	0,20	0,41	0,19	0,51	0,43	0,68	0,45	0,60	—	—	0,28	0,53
	Сураж	0,00	0,00	0,15	0,37	0,45	0,94	0,05	0,21	0,00	0,00	—	—	0,13	0,48
	Новозыбков[a]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,10
	Злынка[a]	0,04	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,09
УССР	Троковичи	0,29	0,59	0,14	0,35	0,17	0,39	0,22	0,44	0,00	0,00	0,19	0,47	0,16	0,40
	Народичи[a]	0,10	0,32	0,00	0,00	0,27	0,70	0,32	0,58	0,05	0,23	0,00	0,00	0,16	0,48
	Полесское[a]	1,29	5,23	0,00	0,00	0,11	0,32	0,00	0,00	0,16	0,37	0,20	0,45	0,32	2,41
	Красиловка, Чемер	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,15	0,37	0,05	0,22	0,28	0,53	0,04	0,20
Всего		0,16	1,54	0,05	0,21	0,10	0,40	0,09	0,32	0,06	0,26	0,10	0,33	0,09	0,73
БССР	Обслед. загряз. нас. пункты	0,02	0,13	0,03	0,16	0,01	0,12	0,02	0,14	0,00	0,00	0,03	0,18	0,02	0,13
	Обслед. контр. нас. пункты	0,04	0,21	0,02	0,15	0,02	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,14
РСФСР	Обслед. загряз. нас. пункты	0,02	0,15	0,00	0,00	0,02	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,10
	Обслед. контр. нас. пункты	0,05	0,22	0,18	0,38	0,32	0,76	0,23	0,53	0,24	0,48	—	—	0,20	0,51
УССР	Обслед. загряз. нас. пункты	0,90	4,31	0,00	0,00	0,20	0,56	0,15	0,42	0,11	0,31	0,14	0,38	0,24	1,79
	Обслед. контр. нас. пункты	0,15	0,44	0,07	0,26	0,10	0,30	0,17	0,38	0,03	0,16	0,22	0,49	0,10	0,31
Всего	Обслед. загряз. нас. пункты	0,23	2,11	0,01	0,11	0,06	0,32	0,05	0,25	0,03	0,18	0,04	0,20	0,08	0,93
	Обслед. контр. нас. пункты	0,08	0,30	0,09	0,28	0,14	0,48	0,13	0,38	0,10	0,32	0,13	0,39	0,11	0,36

[a] Населенные пункты в загрязненном районе.

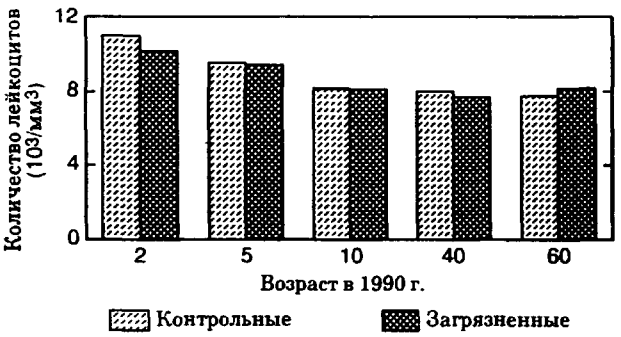


Рис. 12. Среднее количество лейкоцитов в различных возрастных группах в контрольных и загрязненных населенных пунктах

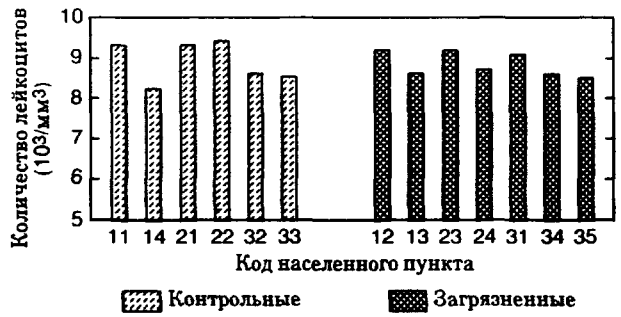


Рис. 13. Среднее количество лейкоцитов в различных населенных пунктах, скорректированное по полу и возрасту. CO: ±0,3 k (k = 1000)

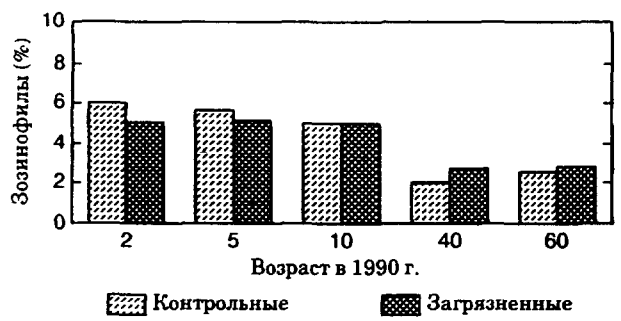


Рис. 14. Процент эозинофилов в различных возрастных группах в контрольных и загрязненных населенных пунктах



Рис. 15. Процент моноцитов в различных возрастных группах в контрольных и загрязненных населенных пунктах

ожидать клинически значимых изменений в функциональном состоянии иммунной системы.

Обзор данных по числу лейкоцитов и их процентному содержанию не позволяет выявить какие-либо значительные отклонения у жителей и контрольных, и загрязненных населенных пунктов. Отсутствуют различия в числе лимфоцитов и их процентном содержании в крови у населения контрольных и загрязненных населенных пунктов. Исходя из этого, заявления о том, что вирусные инфекционные заболевания вызваны облучением в результате чернобыльской аварии, необоснованы. Отсутствие различий не подтверждает того факта, что уровни облучения были достаточными для оказания влияния на количество лимфоцитов. При тех уровнях облучения, которые имелись в загрязненных населенных пунктах, нельзя и предположить, что они могут привести к снижению количества лимфоцитов в крови.

Невозможно категорически заявить, что отсутствуют скрытые иммунологические изменения у населения, но если такие изменения и есть, то они не имеют клинической значимости. Это можно подтвердить еще и тем, что при обследовании населения загрязненных населенных пунктов не было выявлено влияния облучения на рецепторы Т-клеток. В этом мы согласны с ограниченными советскими данными, которые были представлены на рассмотрение.

Данные об общем состоянии здоровья (которые могут отражать и иммунологические аспекты) приводятся в разделе 3.5.

3.3. Щитовидная железа и эндокринология

3.3.1. Функция щитовидной железы

3.3.1.1. Обоснование

В результате чернобыльской аварии произошел выброс большого количества радиоактивного йода. Если не использовать стабильный йод для блокирования щитовидной железы у облученного населения и не вводить ограничения на пищевые продукты, то этот радиоактивный йод может накапливаться в щитовидной железе. При достаточно высокой поглощенной дозе и разрушении достаточного количества паренхиматозных клеток щитовидной железы может наступить гипотиреоз [35]. Гипотиреоз может быть клиническим и субклиническим, и на первой стадии проявляется повышением уровня тиреотропного гормона. Если щитовидная железа не реа-

Таблица 26

Среднее количество тромбоцитов (тыс./мм^3) и стандартное отклонение

Респ.	Нас. пункты	Группа 1		Группа 2		Группа 3		Группа 4		Группа 5		Группа 6		Все группы 1-5	
		Ср.зн.	СО	Ср.зн.	СО	Ср.зн.	СО	Ср.зн.	СО	Ср.зн.	СО	Ср.зн.	СО	Ср.зн.	СО
БССР	Брагин[а,б]	388,08	74,82	407,52	67,33	393,00	58,22	278,24	55,42	300,94	80,67	347,11	95,77	359,61	84,58
	Кировск	394,82	81,86	334,22	71,48	334,39	74,08	284,00	67,85	268,47	42,93	329,94	82,07	324,83	81,56
	Ходосы	387,74	102,82	340,00	72,12	371,35	60,96	297,00	59,51	279,22	52,97	335,76	78,39	337,71	82,04
	Веприн[а]	351,29	73,50	356,87	81,65	334,60	59,73	252,50	53,54	278,31	48,43	299,61	70,10	326,86	74,59
	Корма[а]	379,33	66,96	361,35	61,78	337,23	72,30	262,90	52,14	270,74	67,59	320,26	78,87	323,14	78,56
РСФСР	Унеча	261,00	117,08	345,30	56,55	319,88	49,18	279,18	55,44	282,59	74,60	302,00	127,29	296,58	80,34
	Сураж	309,47	139,25	350,75	79,98	323,20	62,81	302,91	60,88	272,45	58,45	—	—	311,60	86,84
	Новозыбков[а]	347,25	90,00	350,91	66,32	301,67	48,53	263,17	50,88	269,38	59,11	396,00	—	305,70	73,29
	Злынка[а]	310,29	120,31	348,07	61,76	352,56	60,46	264,16	61,84	292,75	67,38	302,00	103,24	317,68	83,69
УССР	Троковичи	246,93	192,34	373,05	94,47	337,14	73,41	284,33	44,71	264,24	54,30	303,60	83,93	310,34	113,73
	Народичи[а,б]	440,10	103,89	426,89	73,47	363,73	83,33	316,47	83,70	296,21	73,86	256,00	—	360,55	96,92
	Полесское[а]	269,27	101,79	334,86	77,94	310,40	76,91	285,64	66,02	245,95	42,63	289,60	116,39	289,63	80,83
	Красиловка, Чемер	309,11	76,55	359,15	78,90	298,10	49,46	257,33	49,49	253,84	47,12	274,80	43,59	295,43	71,77
Всего		334,96	117,34	361,32	76,08	338,23	68,44	280,32	61,12	274,89	61,25	316,20	82,66	320,03	86,31
БССР	Обслед. загряз. нас. пункты	376,28	72,36	378,60	73,47	355,68	68,19	268,57	53,79	283,22	68,18	326,56	86,36	338,70	81,57
	Обслед. контр. нас. пункты	391,20	92,18	336,91	70,98	356,23	68,32	291,07	63,07	273,70	47,71	333,01	79,64	331,54	81,87
РСФСР	Обслед. загряз. нас. пункты	327,09	108,02	349,35	63,18	329,33	60,44	263,62	55,39	280,78	63,59	333,33	90,96	311,91	78,90
	Обслед. контр. нас. пункты	281,93	127,90	348,03	68,42	321,33	54,88	291,05	58,78	277,76	66,78	302,00	127,29	303,61	83,58
УССР	Обслед. загряз. нас. пункты	322,66	128,93	377,33	88,16	338,33	83,81	299,93	75,38	271,08	64,70	284,00	105,00	322,13	95,17
	Обслед. контр. нас. пункты	281,68	140,97	366,43	86,63	318,07	65,19	265,43	48,98	258,75	50,18	294,51	74,60	302,28	93,44
Всего	Обслед. загряз. нас. пункты	347,11	102,82	369,61	75,14	343,55	71,09	276,49	63,03	278,84	65,40	324,40	87,16	326,06	85,29
	Обслед. контр. нас. пункты	321,84	130,40	350,38	76,24	331,82	64,79	284,65	58,83	270,50	56,23	310,95	79,45	312,96	87,02

[а] Населенные пункты в загрязненном районе.

[б] Показатели, полученные в населенных пунктах Брагин и Народичи, были искусственно завышены из-за электрических помех во время проведения анализа.

гирует на повышение содержания этого гормона должным образом, то в дальнейшем происходит снижение уровня гормонов, вырабатываемых щитовидной железой, и в первую очередь тетрайодотиронина (Т4).

Радиоактивный йод-131 широко применяется при лечении тиреотоксикоза и рака щитовидной железы. Исходя из этого опыта, можно сказать, что вряд ли возможен клинически значимый гипотиреоз при дозах облучения от радиоактивного йода менее 10 Гр. Функция щитовидной железы исследовалась у людей, переживших бомбардировку Хиросимы и Нагасаки и получивших внешнее облучение щитовидной железы. Случаи гипотиреоза (определенные по ряду лабораторных анализов) отмечены у 4,5% людей, а тиреоидит Хашимото у 2%. Все это было связано с уровнями доз в диапазоне от 0,01 до 0,5 Гр. Рас-

Таблица 27

Количество тромбоцитов

Группа	Количество тромбоцитов ($\mu л^{-1}$)									
	$< 100 \times 10^3$		$\geq 100 \times 10^3 < 500 \times 10^3$		500×10^3		Неизвестно		Всего	
	№	%	№	%	№	%	№	%	№	%
У мужчин и женщин в загрязненном районе										
1	1	0,68	123	83,67	9	6,12	14	9,52	147	100
2	0	0,00	157	94,58	8	4,82	1	0,60	166	100
3	0	0,00	155	96,87	5	3,12	0	0,00	160	100
4	0	0,00	136	100	0	0,00	0	0,00	136	100
5	0	0,00	128	99,22	0	0,00	1	0,78	129	100
6	0	0,00	104	92,04	5	4,42	4	3,54	113	100
Всего	1		803		27		20		851	
У мужчин и женщин в контрольном районе										
1	7	5,51	105	82,68	11	8,66	4	3,15	127	100
2	0	0,00	119	93,70	6	4,72	2	1,57	127	100
3	0	0,00	132	98,51	1	0,75	1	0,75	134	100
4	0	0,00	120	100	0	0,00	0	0,00	120	100
5	0	0,00	115	99,14	0	0,00	1	0,86	116	100
6	0	0,00	166	166	4	2,27	6	3,41	176	100
Всего	7		757		22		14		800	

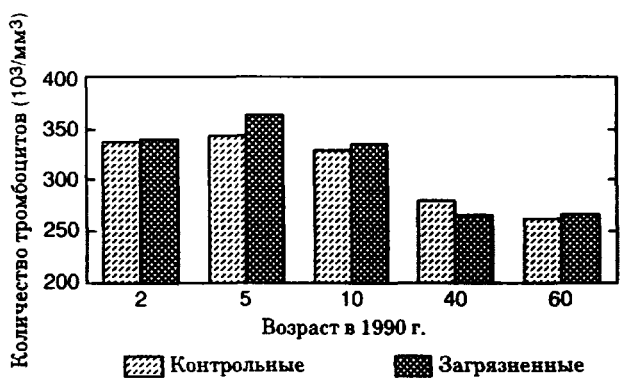


Рис. 16. Среднее количество тромбоцитов в различных возрастных группах в контрольных и загрязненных населенных пунктах. СО: 70–100 k (k = 1000)



Рис. 17. Среднее количество тромбоцитов в различных населенных пунктах, скорректированное по возрасту и полу. СО: ±10 k (k = 1000)

Таблица 28

Гематологические параметры для различных возрастных групп в США

Возрастная группа	Процентный квантиль распределения	Гемоглобин (г/дл)		Средний корпускулярный объем	
		Муж	Жен	Муж	Жен
2 года	10%	11,7	11,5	75	73
	50%	12,5	12,5	79	78
	90%	13,6	13,6	85	84
5 лет	10%	11,9	11,8	77	75
	50%	12,8	12,9	82	81
	90%	13,8	14,0	87	87
10 лет	10%	12,2	12,4	80	77
	50%	13,5	13,8	86	84
	90%	15,0	15,3	92	90
Взрослые люди		16,0 ± 2	14,0 ± 2	90 ± 7	90 ± 7

Возрастная группа	Эритроциты (млн./мм^3)	
	Муж	Жен
3 мес. — 10 лет	4,5 ± 0,7	4,5 ± 0,7
11 — 15 лет	4,8	4,8
Взрослые люди	5,4 ± 0,9	4,8 ± 0,6

Таблица 29

Распределение и процент лейкоцитов у населения США

Распределение	Процент	Среднее	Мин.	Макс.
Общее количество лейкоцитов (мм^3)		7000	4300	10 000
Нейтрофилы, юные и палочкоядерные	1–21	520	100	2 100
Нейтрофилы, сегментоядерные	25–62	3000	1100	6 050
Эозинофилы	0,3–5	150	0	700
Базофилы	0,6–1,8	30	0	150
Лимфоциты	20–53	2500	1500	4 000
Моноциты	2,4–11,8	430	200	950

Таблица 30

Количество лимфоцитов (тыс./мм^3), определенное с помощью счетчика Культера (среднее значение и стандартное отклонение)

Респ.	Нас. пункты	Группа 1		Группа 2		Группа 3		Группа 4		Группа 5		Группа 6		Все группы 1–5	
		Ср.зн.	СО	Ср.зн.	СО	Ср.зн.	СО	Ср.зн.	СО	Ср.зн.	СО	Ср.зн.	СО	Ср.зн.	СО
БССР	Брагин[a]	5,12	2,02	4,33	1,23	3,85	0,75	2,46	0,55	2,65	0,97	3,46	1,04	3,78	1,56
	Кировск	4,97	1,50	3,93	1,04	3,31	0,77	2,82	0,30	2,66	0,74	3,34	1,30	3,58	1,28
	Ходосы	4,73	0,88	3,65	0,95	3,39	0,70	2,84	0,66	3,01	1,06	3,57	1,01	3,53	1,07
	Веприн[a]	4,27	1,44	3,72	0,96	3,06	0,53	2,79	0,33	3,36	0,47	3,08	0,82	3,47	0,96
	Корма[a]	4,73	1,07	3,95	1,11	3,06	0,65	2,66	0,69	2,58	0,61	3,42	0,85	3,39	1,16
РСФСР	Унеча	5,85	1,57	3,67	0,85	2,89	0,58	2,43	0,64	2,50	0,60	5,20	2,03	3,53	1,62
	Сураж	6,39	2,37	3,64	0,85	2,84	0,64	2,50	9,71	2,30	0,45	—	—	?,49	1,89
	Новозыбков[a]	4,69	1,81	4,19	1,00	2,99	0,70	2,39	0,67	2,63	0,68	3,40	—	3,36	1,37
	Злынка[a]	5,50	1,32	3,59	1,00	3,07	0,72	2,72	0,42	2,69	0,53	2,80	1,41	3,57	1,36
УССР	Троковичи	5,29	1,75	4,15	2,32	3,45	0,50	2,74	0,50	2,72	0,69	3,61	1,79	3,74	1,69
	Народичи[a]	5,78	1,37	4,93	0,98	3,20	0,92	2,67	0,50	2,93	0,64	3,70	—	3,67	1,40
	Полесское[a]	4,74	1,91	3,62	0,89	3,18	1,22	2,22	0,57	2,65	0,76	3,00	1,39	3,30	1,46
	Красиловка, Чемер	4,39	0,96	3,31	0,58	2,83	0,57	2,56	0,49	2,39	0,66	2,73	1,03	3,08	0,96
Всего		5,12	1,67	3,90	1,18	3,17	0,76	2,58	0,60	2,68	0,73	3,38	1,29	3,50	1,40
БССР	Обслед. загряз. нас. пункты	4,79	1,64	4,03	1,14	3,33	0,74	2,58	0,58	2,81	0,79	3,34	0,94	3,57	1,30
	Обслед. контр. нас. пункты	4,84	1,22	3,80	1,00	3,36	0,72	2,83	0,52	2,83	0,91	3,47	1,15	3,55	1,17
РСФСР	Обслед. загряз. нас. пункты	5,13	1,60	3,86	1,03	3,03	0,70	2,54	0,59	2,66	0,61	3,00	1,06	3,47	1,37
	Обслед. контр. нас. пункты	6,08	1,94	3,66	0,84	2,87	0,60	2,46	0,67	2,40	0,54	5,20	2,03	3,51	1,75
УССР	Обслед. загряз. нас. пункты	5,06	1,81	4,23	1,14	3,19	1,06	2,43	0,58	2,79	0,71	3,12	1,28	3,47	1,44
	Обслед. контр. нас. пункты	4,79	1,41	3,75	1,76	3,15	0,61	2,62	0,56	2,55	0,68	3,33	1,63	3,38	1,38
Всего	Обслед. загряз. нас. пункты	4,97	1,66	4,03	1,11	3,21	0,83	2,52	0,58	2,76	0,71	3,32	0,96	3,51	1,36
	Обслед. контр. нас. пункты	5,28	1,67	3,74	1,26	3,12	0,67	2,64	0,61	2,59	0,74	3,42	1,47	3,49	1,46

[a] Населенные пункты в загрязненном районе.

пространенность заболеваний в контрольной группе составляла 2%, а в группе, получившей дозу облучения от 0,5 до 1 Гр, приблизительно 3% [36].

В прошлом проводились различные исследования для определения времени развития гипотиреоза после лучевой терапии по поводу диффузного токсического зоба. В целом вероятность гипотиреоза очень велика в первые 4 года после облучения, а затем уровень несколько снижается [37].

Одной из возможных форм гипофункции щитовидной железы являются случаи гипофункции с повышением уровня тиреотропного гормона; при этом происходит вторичное стимулирование клеток щитовидной железы, что может привести к образованию большего количества узлов в щитовидной железе и/или более частым, чем обычно, случаям рака.

Существует распространенное мнение, что районы, пострадавшие от чернобыльской ава-

рии, являются районами зобной эндемии. До аварии эти районы также отличались высоким уровнем патологических изменений в щитовидной железе. Эндемический зоб является адаптационным заболеванием, которое обычно наблюдается в случае недостатка в рационе питания йода, необходимого для метаболического процесса в щитовидной железе. Обычно при дефиците йода наблюдаются повышение уровня тиреотропного гормона, гиперплазия щитовидной железы и связанное с ней образование узлов, повышенный захват йода, изменение размеров йодных депо, а также относительное увеличение синтеза трийодтиронина (Т3).

Увеличение уровня тиреотропного гормона уже наблюдалось у народов с низким содержанием йода в рационе питания, но существует большой диапазон различий в уровнях тиреотропного гормона в сыворотке крови, а нормальные уровни наблюдаются и у людей с зобом. Повышенные уровни тиреотропного гормона наблюдались у народов, рацион питания кото-

Таблица 31

Процент лимфоцитов (тыс./мм^3), определенный при микроскопическом исследовании (среднее значение и стандартное отклонение)

Респ.	Нас. пункты	Группа 1		Группа 2		Группа 3		Группа 4		Группа 5		Группа 6		Все группы 1–5	
		Ср.зн.	СО	Ср.зн.	СО	Ср.зн.	СО	Ср.зн.	СО	Ср.зн.	СО	Ср.зн.	СО	Ср.зн.	СО
БССР	Брагин[a]	48,76	10,12	41,96	12,75	38,30	8,37	36,72	8,18	27,88	10,22	40,41	10,33	39,63	11,83
	Кировск	46,82	12,59	43,91	8,30	43,06	8,64	37,00	8,51	38,79	9,65	39,00	10,99	42,01	10,20
	Ходосы	45,48	8,05	36,45	11,47	35,00	8,60	26,13	7,21	28,24	7,42	35,43	7,86	34,47	10,94
	Веприн[a]	39,79	16,65	38,91	9,89	31,80	10,84	36,50	12,41	33,18	8,69	34,52	9,85	35,85	11,90
	Корма[a]	45,59	11,01	39,52	13,26	36,71	11,35	34,58	9,09	32,53	7,82	44,06	10,78	37,68	11,44
РСФСР	Унеча	54,55	12,15	51,65	7,31	48,10	9,94	35,19	7,92	37,27	10,32	—	—	45,13	12,28
	Сураж	53,21	11,57	47,80	13,70	45,05	9,64	37,45	11,49	38,05	10,37	—	—	44,09	12,70
	Новозыбков[a]	46,80	14,16	44,55	8,20	49,71	8,60	36,23	9,90	35,81	10,03	31,00	—	42,54	11,60
	Злынка[a]	56,29	10,40	49,67	11,57	45,17	9,51	38,47	10,49	35,79	8,95	39,00	11,31	45,90	12,48
УССР	Троковичи	54,35	13,53	46,45	9,45	45,30	14,16	33,78	6,16	35,24	11,70	42,40	11,72	44,22	13,54
	Народичи[a]	53,20	14,03	46,56	12,22	41,95	12,15	38,05	7,86	38,37	9,66	42,50	12,02	42,56	11,92
	Полесское[a]	44,38	10,82	46,65	8,70	43,78	12,62	39,23	7,75	41,16	8,94	40,20	9,07	42,98	9,99
	Красиловка, Чемер	37,65	12,33	41,71	11,12	43,84	15,06	31,80	9,87	35,80	11,11	36,34	9,78	38,15	12,50
Всего		48,37	12,87	44,25	11,43	41,84	11,84	35,41	9,51	35,50	10,17	39,28	10,73	41,21	12,27
БССР	Обслед. загряз. нас. пункты	45,55	12,59	40,23	12,01	35,46	10,50	35,90	9,10	31,07	9,04	39,33	10,76	37,94	11,78
	Обслед. контр. нас. пункты	46,13	10,42	40,36	10,51	38,30	9,41	31,20	9,50	33,81	10,08	37,33	9,75	38,10	11,22
РСФСР	Обслед. загряз. нас. пункты	51,98	13,01	47,37	10,42	47,29	9,28	37,27	10,11	35,80	9,41	36,33	9,24	44,27	12,15
	Обслед. контр. нас. пункты	53,90	11,73	49,73	11,01	46,61	9,80	36,35	9,86	37,64	10,23	—	—	44,61	12,47
УССР	Обслед. загряз. нас. пункты	47,23	12,44	46,61	10,37	42,78	12,24	38,68	7,73	39,76	9,29	40,86	8,95	42,78	10,91
	Обслед. контр. нас. пункты	46,00	15,31	44,14	10,45	44,64	14,42	32,41	8,82	35,54	11,22	40,49	11,44	41,04	13,32
Всего	Обслед. загряз. нас. пункты	48,11	12,92	43,93	11,61	40,82	11,75	37,17	9,05	35,26	9,84	39,34	10,53	41,21	12,00
	Обслед. контр. нас. пункты	48,66	12,86	44,66	11,24	43,08	11,88	33,39	9,67	35,77	10,54	39,24	10,88	41,22	12,60

[a] Населенные пункты в загрязненном районе.

Таблица 32

Процент лимфоцитов (тыс./мм^3), определенный с помощью счетчика Культера (среднее значение и стандартное отклонение)

Респ.	Нас. пункты	Группа 1		Группа 2		Группа 3		Группа 4		Группа 5		Группа 6		Все группы 1–5	
		Ср.зн.	СО	Ср.зн.	СО	Ср.зн.	СО	Ср.зн.	СО	Ср.зн.	СО	Ср.зн.	СО	Ср.зн.	СО
БССР	Брагин[a]	51,63	6,91	43,86	8,10	38,74	8,08	35,67	6,20	30,84	7,99	41,65	7,26	40,94	10,04
	Кировск	44,11	9,49	41,81	6,81	40,86	6,75	36,87	8,05	36,41	8,53	37,55	8,09	40,13	8,40
	Ходосы	50,12	8,15	40,31	8,69	39,69	6,95	33,39	6,55	37,11	7,50	41,57	5,80	40,12	9,35
	Веприн[a]	46,11	6,27	42,77	10,71	40,40	8,32	36,5	7,93	35,8	5,77	40,66	11,10	40,92	8,90
	Корма[a]	46,74	8,91	41,33	10,86	39,94	9,09	35,26	11,22	35,27	4,66	40,70	7,29	39,66	10,04
РСФСР	Унеча	45,80	8,36	40,45	7,54	37,78	6,31	30,32	8,11	31,36	6,65	46,90	6,29	37,41	9,35
	Сураж	47,61	8,57	37,37	7,65	35,33	8,12	30,93	7,94	31,64	7,71	—	—	36,35	9,84
	Новозыбков[a]	43,40	10,19	40,13	6,97	39,35	6,90	31,98	6,52	31,22	8,88	33,6	—	37,09	9,15
	Злынка[a]	50,64	7,90	42,39	10,23	38,53	7,55	35,24	8,38	32,17	6,18	37,7	6,79	40,31	10,30
УССР	Троковичи	53,04	8,60	39,78	9,24	40,35	10,32	34,04	5,82	33,57	8,05	39,01	10,02	40,71	10,99
	Народичи[a]	52,79	11,94	46,34	7,99	40,25	7,32	32,67	4,94	34,42	6,97	43,9	—	40,03	10,04
	Полесское[a]	45,83	7,95	41,47	6,26	39,16	8,31	29,89	5,82	31,38	7,47	31,56	4,14	37,65	9,36
	Красиловка, Чемер	48,03	7,26	37,65	7,11	39,33	7,21	31,98	6,50	32,63	8,43	34,35	8,72	37,83	9,17
Всего		47,99	8,78	41,31	8,63	39,20	7,80	33,23	7,55	33,26	7,52	39,36	8,74	39,14	9,71
БССР	Обслед. загряз. нас. пункты	48,72	7,78	42,78	9,72	39,68	8,39	35,64	8,51	33,87	6,54	41,12	8,44	40,51	9,73
	Обслед. контр. нас. пункты	47,18	9,24	41,11	7,68	40,17	6,81	34,98	7,40	36,75	7,94	39,68	7,22	40,13	8,88
РСФСР	Обслед. загряз. нас. пункты	47,35	9,62	41,37	8,90	38,90	7,20	33,46	7,51	31,68	7,60	36,33	5,35	38,76	9,87
	Обслед. контр. нас. пункты	46,57	8,40	38,91	7,65	36,72	7,18	30,63	7,94	31,49	7,08	46,90	6,29	36,92	9,57
УССР	Обслед. загряз. нас. пункты	48,00	9,74	43,71	7,43	39,73	7,73	31,18	5,54	32,90	7,29	33,61	6,25	38,74	9,73
	Обслед. контр. нас. пункты	50,39	8,21	38,76	8,27	39,85	8,85	32,60	6,28	33,07	8,15	37,52	9,83	39,17	10,14
Всего	Обслед. загряз. нас. пункты	48,10	8,86	42,58	8,97	39,47	7,85	33,62	7,58	32,88	7,12	40,57	8,43	39,50	9,80
	Обслед. контр. нас. пункты	47,88	8,74	39,62	7,89	38,87	7,75	32,79	7,53	33,68	7,96	38,58	8,87	38,71	9,60

[a] Населенные пункты в загрязненном районе.

рых содержал мало йода, но у них не были отмечены избыточные случаи зоба [38].

Во время поездок экспертов многие советские люди, врачи и ученые высказывали озабоченность по поводу функции щитовидной железы (особенно у детей). По указанным выше причинам был проведен анализ данных по функции щитовидной железы. Международные эксперты также хотели более подробно рассмотреть вопросы функции щитовидной железы в районах с высокой вероятностью эндемического зоба.

3.3.1.2. Обзор советских данных

Радиоиммунологический анализ дает наиболее надежные данные по тиреотропному гормону и свободному Т4. При этом необходимо иметь высококачественные комплекты для радиоиммунологического анализа и гамма-спектрометры для того, чтобы подсчитывать результаты. Следует отметить, что в основных советских институтах и больницах есть необходимое оборудование, но во многих случаях оно не используется.

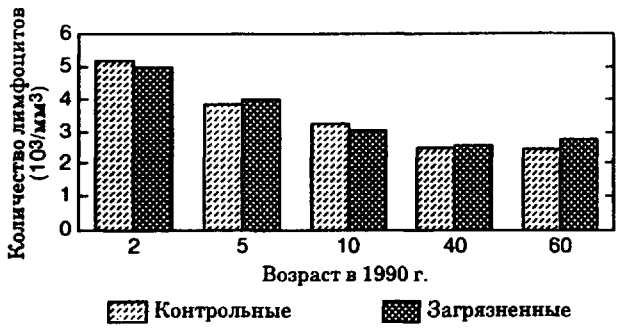


Рис. 18. Абсолютное количество лимфоцитов в различных возрастных группах в контрольных и загрязненных населенных пунктах



Рис. 19. Среднее количество лимфоцитов в различных населенных пунктах, скорректированное по возрасту и полу. СО: ±0,15 k (k = 1000)



Рис. 20. Процент лимфоцитов, скорректированный по возрасту и полу. СО: ±0,7%



Рис. 21. Процент лимфоцитов: сравнение методов

Это, очевидно, является результатом того, что невозможно собрать необходимое количество комплектов для радиоиммунологического анализа. Те несколько комплектов, которые мы видели, импортированы из Германии.

УССР

По информации, полученной в Овруче, приблизительно у 13 500 человек определялся уровень гормонов щитовидной железы. Некоторые результаты указывают на возможность субклинического гипотиреоза. Однако ни данные, ни методика представлены не были.

Ученые Киевского института эндокринологии сообщили, что в 1986 г. было отмечено увеличение уровня гормонов в крови у некоторых людей без клинических признаков тиреотоксикоза. Это наблюдалось у 20–30% детей, получивших дозу облучения на щитовидную железу в диапазоне от 2 Гр и выше. В первый год не было отмечено случаев клинического гипотиреоза, а уровень лабораторного гипотиреоза увеличился приблизительно на 1–2% по сравнению со "спонтанным" уровнем 1989 года.

Кроме того, ученые отмечали, что у некоторых из детей, первыми привезенных из г. Припяти в их институт сразу же после аварии, имелось преходящее повышение уровня Т4. В большей степени оно было выражено у детей младшего возраста с более высокими оцененными дозами по сравнению с другими случаями. По субъективным данным щитовидная железа в это время также была увеличена. Ученые из Киева считали, что его этиология может быть связана с радиоактивным йодом или профилактическим назначением препаратов стабильного йода. Данные по этой проблеме представлены не были.

ВНЦРМ[11] сообщил, что в Народическом районе (предположительно в 1987–88 годах) у 18% детей контрольной группы был обнаружен повышенный уровень общего Т4 по сравнению с 30–40% детей с дозой на щитовидную железу около 0,3 Гр. Не было отмечено значительных различий между детьми, получившими дозу 0,31–1,0 Гр (35% детей имели повышенный уровень Т4), и теми, кто получил дозу более 5,0 Гр (у 29% имелся повышенный уровень общего Т4). Основной биологический механизм повышения уровня общего Т4 в этих группах непонятен. Если учитывать результаты исследований тиреотропного гормона, то ситуация становится еще менее

[11] Д-р А.К. Чебан.

ясной. Обычно при повреждении фолликулярных клеток щитовидной железы уровни гормонов снижаются, уровень тиреотропного гормона повышается, а уровень Т4 нормализуется или остается пониженным. У детей уровень тиреотропного гормона с увеличением дозы облучения снижался, а не повышался. Отмечалось, что у 11% детей контрольной группы имелся повышенный уровень тиреотропного гормона, и только у 5% детей, получивших облучение на щитовидную железу в дозе больше 5,0 Гр, уровень тиреотропного гормона был повышенным.

Украинские ученые также отмечали, что ультразвуковое исследование свидетельствует о явных структурных изменениях щитовидной железы, которые, по их мнению, связаны с фиброзом. Критерии, методика, данные по контрольным группам и цифровой материал представлены не были.

Сводные данные были представлены Киевским институтом педиатрии, акушерства и гинекологии. С мая 1986 года специалисты института провели около 20 000 исследований уровней Т4 и тиреотропного гормона у новорожденных детей методом анализа пятен крови на фильтровальной бумаге, в том числе 560 анализов были получены в населенном пункте Народичи и 1126 — в населенном пункте Полесское. В 1986 году был обнаружен несколько повышенный уровень тиреотропного гормона и Т4, но в дальнейшем этого не наблюдалось. В обоих населенных пунктах за четыре года было обнаружено 14 случаев повышенного уровня тиреотропного гормона у новорожденных детей, но ни в одном из них диагноз гипотиреоза не был подтвержден при более тщательном обследовании.

БССР

В Брагине (БССР) в первый год отмечались случаи раннего гипертиреоза с восстановлением гормонов до нормального уровня через несколько лет (в настоящее время отмечается гипотиреоз). Данные и методика представлены не были.

Один из врачей г. Минска[12] проводил обследование населения Хойнического и Наровлянского районов (около Брагина). Было обследовано около 500 детей, получивших большую дозу облучения от радиоактивного йода. У 10% детей отмечался повышенный уровень тиреотропного гормона.

Кроме того, на основе результатов исследования функции щитовидной железы в г. Брагине в период с июня по декабрь 1986 года и в январе 1988 года были подготовлены графики сравнительного анализа. Результаты не совсем понятны; согласно этим графикам, в июне 1986 года отмечалось повышение уровней Т3, Т4 и тиреотропного гормона, нормальный их уровень в декабре 1986 года и пониженный уровень Т3 при повышенном уровне тиреотропного гормона в 1988 году.

Группа получила информацию о том, что многие дети в Брагине (около 25%) проходили курс лечения L-тироксином по поводу зоба.

Также сообщалось о наличии измененной (повышенной или пониженной) эхо-плотности щитовидной железы у 26% детей в загрязненных районах по сравнению с 4% в контрольных районах. К сожалению, сонографические изображения были получены только в тех случаях, когда специалист видел какие-либо патологические изменения.

Было отмечено, что средняя доза на щитовидную железу у детей, эвакуированных из БССР, составляет около 4.5 Зв. Обследование детей в Черниговском районе показало, что у 30% детей в возрасте 1–4 лет во время аварии имелся повышенный уровень тиреотропного гормона (> 4,5). Приблизительно у 10% детей более старшего возраста имелся повышенный уровень тиреотропного гормона.

В заключение следует сказать, что данные, представленные учеными УССР и БССР, неточны и противоречат друг другу. Они были очень необычными с точки зрения общепринятой патофизиологии системы гипофиз–щитовидная железа. В большинстве случаев уровни тиреотропного гормона в сыворотке и уровни гормонов щитовидной железы в крови имеют обратно пропорциональную зависимость. В предоставленных данных уровни имели прямую корреляцию, не имели корреляции или корреляция была обратной. Распространенность гипотериоза была различной в различных исследованиях; это свидетельствует о том, что гипотиреоз является серьезной проблемой, и число случаев этого заболевания увеличивается в БССР, но не в УССР. Это также непонятно, так как радионуклиды йода достаточно летучи и должны были выбрасываться из реактора на начальном этапе аварии, когда ветер дул в сторону УССР.

3.3.1.3. Результаты работы группы экспертов

Работа независимой группы экспертов, изучавшей последствия аварии для здоровья, в основном сосредотачивалась на исследовании

[12] Д-р А.М. Астахова.

Таблица 33

Уровни ТТГ и свободного T_4 в шести обследованных группах (среднее значение и стандартное отклонение)

Группа[a]	ТТГ (нормативный диапазон 0,6–4,96 μМЕ/мл)						Свободный T_4 (нормативный диапазон 0,7–17 нг/дл)					
	Загрязненный нас. пункт			Контрольный нас. пункт			Загрязненный нас. пункт			Контрольный нас. пункт		
	Ср.зн.	СО		Ср.зн.	СО		Ср.зн.	СО		Ср.зн.	СО	
1	1,65	0,80	45	1,96	1,00	46	1,24	0,14	30	1,43	0,35	40
2	1,94	0,86	140	2,12	1,05	102	1,30	0,19	116	1,38	0,30	79
3	2,08	0,90	136	2,01	0,92	105	1,36	0,47	118	1,53	0,59	89
4	1,99	1,44	113	2,38	6,09	83	1,22	0,29	99	1,37	0,36	72
5	2,44	9,06	103	1,61	1,23	62	1,14	0,28	85	1,32	0,35	56
6	2,16	1,46	33	1,84	1,03	68	1,19	0,34	32	1,65	0,75	62

[a] Как и во многих таблицах в данном докладе группы 1-5 относятся к возрасту 2,5, 10, 40 и 60 лет соответственно. В группу 6 включены лица из всех других возрастных групп.

размеров щитовидной железы, ее структуры и функции.

Во время работ по изучению последствий аварии для здоровья были получены анализы крови для определения уровня тиреотропного гормона. Они исследовались двумя независимыми радиоиммунологическими (иммунометрическими) методами. Кроме того, проводилось определение уровня свободного Т4. Поскольку средства были ограничены, основное внимание уделялось получению и исследованию анализов крови у детей, в особенности у тех, которые были младенцами в момент аварии и, предположительно, получили самую высокую дозу облучения щитовидной железы (группа 2 — дети, родившиеся в 1985 году). Данные свидетельствуют об отсутствии статистически достоверных различий уровней тиреотропного гормона между загрязненными и контрольными населенными пунктами во всех возрастных группах. Средние уровни тиреотропного гормона и свободного Т4 представлены в табл. 33 и 34 и на рис. 22 и 23. Только в двух случаях (в обоих это были взрослые люди) обнаружили гипотиреоз. Имелось по одному случаю в загрязненном и контрольном населенном пункте.

3.3.1.4. Краткий обзор по функции щитовидной железы

В результате анализа уровней ТТГ и свободного Т4 у детей и у взрослых людей не были получены доказательства нарушений функции щитовидной железы, которые можно обнаружить при клиническом или лабораторном исследовании в этот период времени. Исследования в других группах населения показали, что хотя гипотиреоз может развиваться в отдаленном периоде у некоторых подвергшихся облучению людей, более половины случаев должны были наблюдаться в течение пяти лет [39]. Поэтому маловероятно, что гипотиреоз будет распространенным последствием чернобыльской аварии для здоровья. Однако следует отметить, что в определенных случаях могут появиться обоснованные подозрения, что некоторые дети получили высокие дозы облучения щитовидной железы. В таких случаях важное значение может иметь ограниченный продолжительный скрининг. В настоящее время отсутствуют какие-либо научные доводы для обоснования массового скрининга всего населения для выявления гипофункции щитовидной железы.

Вопрос о том, что данный район может быть районом зобной эндемии, будет обсуждаться в разделах 3.5 и 3.7. Однако, если в какой-то степени и имеется йодная недостаточность, то для населения она компенсирована, поскольку имеются нормальная секреция гормонов щитовидной железой и нормальный уровень ТТГ. В районах зобной эндемии часто отмечается увеличение сывороточного уровня ТТГ, имеющего отрицательную корреляцию с уровнем сывороточного Т4, и эта корреляция отсутствует для сывороточного Т3. Таким образом, низкие уровни Т4 и высокие уровни ТТГ, наряду с нормальной кон-

Таблица 34

Количество результатов исследования функции щитовидной железы, выходящие за рамки нормативного диапазона[a] в загрязненных и контрольных населенных пунктах

Населенный пункт		ТТГ		Свободный T_4	
		Высокий	Низкий	Высокий	Низкий
Загрязненный	Народичи	2	5	0	1
	Полесское	1	5	0	0
	Новозыбков	1	4	6	1
	Злынка	0	5	1	0
	Брагин	0	5	0	1
	Веприн	0	0	1	0
	Корма	1	2	0	0
	Всего	5	26	8	3
	% исслед.	1	5	2	1
Контрольный	Троковичи	0	0	2	0
	Красиловка, Чемер	2	3	19	0
	Унеча	1	8	4	1
	Сураж	0	6	1	0
	Кировск	0	2	0	1
	Ходосы	0	2	0	0
	Всего	3	21	26	2
	% исслед.	1	5	7	1

[a] Результаты, выходящие за рамки "нормативного диапазона" у 10 указанных лиц, у которых имеется пограничное нарушение функции щитовидной железы, но нет явного гипер- или гипотиреоза.

центрацией ТТГ в сыворотке, являются распространенным явлением в районах зобной эндемии. Тот факт, что имелись нормальные уровни ТТГ и Т4, свидетельствует о том, что если в районе и имеется тенденция к эндемии, то она незначительна.

Группа экспертов не собирала данные, относящиеся к вопросу о преходящем повышении уровня гормонов щитовидной железы в крови непосредственно после аварии. По этой проблеме имелись ограниченные советские данные, и отсутствовало научное обоснование для изучения этого вопроса, учитывая ожидаемые дозы облучения щитовидной железы, результаты исследования функции щитовидной железы и задачи целевой группы.

При анализе советских данных было получено доказательство того, что многие дети получали различные препараты, влияющие на функцию щитовидной железы. Данные, полученные в рамках Проекта, показывают, что лишь в нескольких случаях дети регулярно принимают эти препараты, оказывающие влияние на функцию щитовидной железы (или вообще не принимают их).

Имелась четкая корреляция результатов между сывороточным РИА и методологией исследования на фильтровальной бумаге для выявления гипотиреоза и повышенного уровня ТТГ. С помощью обоих методов был обнаружен гипотиреоз у двух взрослых людей. Методология исследования с помощью фильтровальной бумаги намного проще с точки зрения необходимого оборудования и может оказаться целесообразной для аналогичных скрининговых исследований.



Рис. 22. Средний уровень тиреотропного гормона (ТТГ) у детей в контрольных и загрязненных населенных пунктах. ММЕ — микро-Международная единица (см. в тексте). Нормальный диапазон — 0,6–5,0 ММЕ



Рис. 23. Уровень тиреотропного гормона (ТТГ) у детей в возрасте 5 лет в различных населенных пунктах. ММЕ — микро-Международная единица. Нормальный диапазон — 0,6–5,0 ММЕ

3.3.2. Размеры и структура щитовидной железы

3.3.2.1. Обоснование

Зоб был впервые описан в Восточной и Юго-Восточной Европе в 1887 г. Myrdacz [40]. Еще в то время было известно, что имеется некоторая взаимосвязь между содержанием йода в моче и процентом населения, страдающего зобом. Доверительный предел при оценке вероятности зоба по определению количества мкг йода на литр мочи весьма различен. Недостаточность йода является главным этиологическим фактором эндемического зоба [41, 42]. Наиболее распространенным методом оценки потребления йода в рационе питания является определение уровня экскреции стабильного йода с мочой. Потребление йода обычно составляет менее 50 мг в день у большинства жителей районов зобной эндемии. При исследовании одного анализа мочи целесообразно определение соотношения йода к креатинину, поскольку в большинстве районов зобной эндемии невозможно провести анализ суточного диуреза.

Помимо недостаточности йода в рационе питания, существуют другие причины зоба. К ним относится целый ряд пищевых продуктов, вызывающих развитие зоба, в том числе брюссельские овощи (например, капуста), арахис и т. д., в которых содержатся тиоцианат и другие струмогенные факторы. Несмотря на это, струмогенные факторы естественного происхождения, как правило, не имеют существенного значения в этиологии зоба в районах зобной эндемии. Также при изучении роли генетических факторов в этиологии эндемического зоба было показано, что они имеют определенное значение [38, 43].

Исчерпывающие сведения об эндемическом зобе на европейской и азиатской частях СССР представлены в монографии Arndt [44] и обзоре Kelly и Snedden, [45], а официальный доклад был написан Николаевым [46].

Широкомасштабная кампания по борьбе с эндемическим зобом была начата в СССР в 1930-х гг. Одно из наиболее крупных исследований было проведено в 1933 г. в Кабарде у жителей равнин, прилегающих к северо-западным склонам Кавказских гор. Зоб был обнаружен у 85% жителей. Через пять лет после профилактического йодирования соли зоб был обнаружен только у 10–15% жителей.

Выездным группам экспертов сообщили, что большинство программ профилактики эндемического зоба в СССР окончены в 1960-х гг., и что в настоящее время йодирование соли проводится не полностью, и данный процесс не является стабильным, если соль не хранится в плотно закрытых емкостях. В Минске врачи и ученые сообщили, что в некоторых районах БССР проводилась политика еженедельного назначения препаратов стабильного йода для профилактики эндемического зоба у детей школьного возраста.

Распространенность эндемического зоба, определенная в конкретных районах, устанавливается в основном с помощью метода исследования зоба, применявшегося в различных эпидемиологических исследованиях [47, 48]. В 1960 г. ВОЗ была предложена международная классификация. Классификация основана на "градации" размеров зоба по четырем степеням:

Степень 0: люди без зоба.
Степень 1: лица с пальпирующимся увеличением щитовидной железы.
Степень 2: лица с видимым увеличением щитовидной железы.
Степень 3: лица со значительным увеличением щитовидной железы.

При такой классификации проблема различения стадии 0 и стадии 1 заключается в определении той степени увеличения, при которой считается, что имеется настолько существенное патологическое изменение щитовидной железы, что можно говорить о наличии зоба. В целом, 1 степень определяется, когда объем обеих долей щитовидной железы превышает размеры дистальной фаланги большого пальца врача, проводящего исследование. Некоторыми авторами используются при 1 стадии 2 градации — 1А и 1В в зависимости от того, видна или не видна пальпируемая щитовидная железа при запрокинутой голове пациента [49].

Из населенных пунктов, куда выезжали группы экспертов, поступил целый ряд сообщений о возросшей распространенности зоба в прилегающих к Чернобылю районах. Многие люди считали это последствием аварии, другие предполагали, что это было связано скорее с тем, что это район зобной эндемии.

Факт, является ли район на самом деле эндемичным по зобу, следует устанавливать по статистическим критериям. Также следует учитывать, что гиперплазия щитовидной железы или диффузный зоб небольших размеров могут быть физиологическими, они наблюдаются приблизительно у 4% девушек во время полового созревания. Кроме того, 5-процентная распространенность зоба была обнаружена во многих странах с достаточным потреблением йода. Поэтому общепризнано, что районом зобной эндемии является такой район, где зоб встречается более чем

у 10% населения. Существует несколько видов классификации районов по степени зобной эндемии, которые основаны на уровне экскреции йода с мочой или определении соотношения йод/креатинин. Как правило, когда экскреция йода с мочой превышает 50 мг/г креатинина, наличие зоба у населения не представляет собой клинически значимой проблемы.

В большинстве случаев очень сложно сравнивать результаты эпидемиологических исследований зоба, и их воспроизводимость проблематична. Причины невозможности сравнения показателей распространенности зоба для большинства исследований заключаются в использовании различных методов классификации, оценки объема щитовидной железы и значительной субъективности результатов, полученных методом пальпации [47]. Результаты пальпации зависят от формы шеи, толщины подкожного слоя, распределения окружающих мышц, опыта врача, проводящего исследование, или от освещенности и времени обследования. Очевидно, что даже в оптимальных клинических условиях объем щитовидной железы нельзя оценить с ошибкой менее 25%. При использовании международных классификаций распространенность зоба может быть оценена с точностью 10%, если у населения имеется высокая спонтанная распространенность зоба , или с точностью 5%, если распространенность зоба низкая. Использование классификации по четырем степеням, которую применяют многие авторы, приводит к тому, что при обследовании тремя различными опытными врачами только в одной трети случаев одни и те же лица будут отнесены к определенной классификационной категории. Степень влияния окружающих тканей на результаты может быть уменьшена при использовании метода ультразвукового исследования, хотя даже оцененный при ультразвуковом исследовании объем щитовидной железы составляет 85–115% от ее истинного объема.

В районах зобной эндемии, как правило, имеется большое количество лиц с наличием узлов в щитовидной железе нормальных размеров и увеличенной щитовидной железе. Могут встречаться множественные и солитарные узлы. Распространенность узлового зоба возрастает с возрастом, она вносит два осложнения в классификацию зоба в эпидемиологических исследованиях. Часто количество пальпирующихся узлов не сооответствует их фактическому количеству, оно зависит от пальпаторных навыков врача, размеров различных узлов и от плотной или мягкой консистенции окружающих щитовидную железу тканей. Дополнительные осложнения возникают при дифференцировании узлового зоба и локального уплотнения или припухлости окружающей ткани. Многие исследователи отмечали сложности проведения пальпации узлов в эндемичных районах, где проводилось лечение по поводу зоба. Как правило, увеличение распространенности узлового зоба наблюдается только из-за того, что окружающие ткани становятся более мягкими после лечения, поэтому будет легче обнаружить узлы щитовидной железы.

Некоторые исследователи считают наличие узла признаком патологического изменения щитовидной железы, и классифицируют такой случай (или пациента), как наличие зоба (имеющего зоб), даже в тех случаях, когда объем железы не увеличен. Часто у этих лиц устанавливается 1 степень увеличения щитовидной железы. Одновременно с тем, что наличие узла может свидетельствовать о патологическом изменении щитовидной железы, оно приводит к возникновению существенных различий в классификации зоба. Поэтому многие ученые по-прежнему считают объем и наличие узлов двумя различными и независимыми параметрами.

Имеются некоторые публикации, в которых рассматривается вопрос о распространенности спонтанного узлового зоба, узлов в щитовидной железе при эндемическом зобе и о воздействии облучения [9, 50–59]. В Нагасаки распространенность солитарного узлового зоба составляла около 1% в контрольной группе и несколько более 5% в группе, получившей дозу облучения 1,0 Гр. Приблизительно в одной трети случаев эти узлы были доброкачественными, в 1/3 — злокачественными и в 1/3 случаев их характер не был определен. Распространенность всех форм узлового зоба в группах, подвергшихся воздействию радиоактивных осадков, составляла около 4–5% по сравнению приблизительно с 1% в контрольной группе. В публикациях имеются аргументы в пользу повышенной распространенности рака щитовидной железы в районах зобной эндемии [38, 60]. До настоящего времени эта проблема не решена.

3.3.2.2. Обзор советских данных

Целый ряд данных и предыдущие замечания, относящиеся к чернобыльской аварии, показывают, что этот район является районом зобной эндемии. Однако международным экспертам не были представлены результаты комплексных исследований, которые могли бы подтвердить эту широко распространенную точку зрения. Было проведено несколько исследований в определенных населенных пунктах или в ограниченном числе районов.

Одной из основных проблем, встречающихся в обзоре советских данных, была неоднозначность определения "зоба". В некоторых исследованиях была использована классификация ВОЗ, в других исследованиях была ссылка на узел любой формы и в третьих исследованиях авторы ссылались на увеличение размеров щитовидной железы. Кроме того, в некоторых районах авторы ссылались на 1 степень зоба, которая считалась вариантом нормы, и классифицировалась как патологическое изменение. В большинстве случаев в представленных международным экспертам данных определение зоба не было четким, и также отсутствовало определение его сходства с термином "гиперплазия" или отличия от этого термина.

УССР

ВНЦРМ[13] были представлены экспертам данные по распространенности гиперплазии щитовидной железы с учетом поглощенной дозы на 1986 и 1988 гг. в Народическом районе. Общая распространенность гиперплазии составляла 20–40% без четкой ссылки на поглощенную дозу на щитовидную железу или на год.

Западная часть УССР была основным районом зобной эндемии, и до 1950-х гг. там были клиники, занимавшиеся профилактикой зоба, однако они были закрыты и в настоящее время их нет.

БССР

На 1989 г. для населенного пункта Корма были представлены следующие данные по гиперплазии щитовидной железы: степень 1: 31,6%, степень 2: 2–6,2%, степень 3: 0,2%. Отсутствовали изменения функции щитовидной железы, которые можно обнаружить.

Министерством здравоохранения в г. Гомеле были представлены данные о том, что случаи зоба имелись и до аварии, и после нее, хотя отсутствовали точные данные об изменении его распространенности. Группе экспертов сообщили, что во многих случаях население района получало препараты йода, которые оно начало принимать сразу после аварии для профилактики зоба.

Министерство сообщает об отсутствии данных, относящихся к концентрации йода в щитовидной железе в течение первых двух месяцев после аварии. В целом, для большинства детей во время аварии не проводилась профилактика препаратами стабильного йодида калия.

Имеются данные[14], свидетельствующие о том, что приблизительно у 3–4% детей в Хойническом и Наровлянском районах имеется зоб 2 или 3 степени, и приблизительно у 40% — зоб 1 степени. Эти данные были получены при физикальной пальпации, а не с помощью ультразвукового исследования. Был проведен анализ данных ультразвукового исследования щитовидной железы у 700 детей из Хойнического района, где доза на щитовидную железу обычно превышала 200 бэр (2 Зв), а в контрольную группу были включены дети из Витебской области. Все исследования были проведены одним специалистом на одном аппарате Toshiba, но с интервалом 6–12 месяцев. Контрольный район был выбран по принципу района зобной эндемии, он был расположен к северу от Минска.

Об измененной (повышенной или пониженной) эхогенности щитовидной железы также сообщалось в 26% случаев в загрязненных районах, по сравнению с 4% в "контрольном" районе[15]. К сожалению, изображения, получаемые при ультразвуковом исследовании, были распечатаны только в тех случаях, когда специалист обнаруживал патологические изменения.

Многим детям в Брагинском районе, по-видимому, назначали лево-тироксин в случае установления диагноза зоба 2 или 3 степени. Родители могли не знать, какие препараты принимали их дети, и возможно, не могли отличить их от витаминов. Было неясно, имели ли дети доступ к этим препаратам, поскольку (на основании случайного исследования экспертов) в большинстве населенных пунктов такие препараты, как правило, отсутствовали. Теоретически дети могут принимать эти препараты в профилактических целях в течение ряда лет. Согласно произведенным оценкам[16], до 25% детей в Брагине получали такое лечение.

РСФСР

Сообщалось[17], что приблизительно 8000–9000 детей в Брянской области, главным образом в Новозыбковском районе, были обследованы по 3–4 раза. Сначала ученые определяли рост и

[13] Д-р А.К. Чебан.

[14] Д-р Л.М. Астахова (Минск).

[15] Д-р Л.М. Астахова (Минск).

[16] Д-р Л.М. Астахова (Минск).

[17] Д-р Князев (Москва).

массу тела, а также проводили физикальное исследование щитовидной железы. Они также проводили специальные семинары с местными врачами. По их оценкам, полученным при помощи метода пальпации, распространенность зоба составляла в первоначальном исследовании 24%, а в более поздних исследованиях — 37%.

Сообщалось, что имелась следующая распространенность гиперплазии щитовидной железы с учетом возраста:

1–3 лет	52%
3–6 лет	73%
6–10 лет	75%
10–15 лет	85%.

Имелись следующие процентные показатели степени гиперплазии щитовидной железы:

Гиперплазия 1-й степени	41%
1-2-ой степени	28%
2-ой степени	25%
3-ей степени	6%.

Было обнаружено[18], что при использовании ультразвукового исследования щитовидной железы наблюдалась распространенность зоба (общая для всех степеней 1–3) 19,5% в загрязненных районах, по сравнению с 14,5% в контрольных населенных пунктах Карачев и Брасов. Неизвестно, какое определение "зоба" применялось при проведении ультразвукового исследования. Предполагалось, что эти контрольные населенные пункты, как и населенные пункты в загрязненном Валенском районе, не были районами зобной эндемии.

Когда появилась возможность проведения ультразвукового исследования, были обследованы 1000 мальчиков и 1000 девочек из различных возрастных групп для получения контрольных данных по размерам щитовидной железы.

В результате исследования были получены следующие данные:

Общий объем щитовидной железы ($см^3$)

Мальчики:	5 лет	2,05 ± 0,96
	10 лет	4,13 ± 1,30
Девочки:	5 лет	1,74 ± 0,57
	10 лет	4,51 ± 1,39.

В отдельных случаях проводились исследования содержания йода в соли. Было обнаружено, что содержание йода ниже требований, которые предусмотрены советскими нормативами, и, как правило, соль хранилась не должным образом.

Также были представлены данные по размерам щитовидной железы (определенным при ультразвуковом исследовании) для Калужской области[19]. При выезде международных экспертов в населенные пункты были получены следующие данные:

Общий объем щитовидной железы ($см^3$)
(Возраст: в годах)

Мужчины:	5	2,11 ± 1,09
	10	4,14 ± 1,57
	31–40	14,33 ± 5,43
	51–60	14,10 ± 5,86
Женщины:	5	1,86 ± 0,68
	10	4,45 ± 1,35
	31–40	13,05 ± 5,47
	51–60	12,40 ± 5,12.

3.3.2.3. Результаты, полученные выездными группами международных экспертов

В состав каждой выездной группы экспертов были включены опытный эндокринолог, занимающийся заболеваниями щитовидной железы, и специалисты по ультразвуковому исследованию щитовидной железы. В анкете взрослым пациентам задавался вопрос о наличии у них увеличения щитовидной железы или узлового зоба. Полученные результаты представлены в табл. 35. При сравнении данных, полученных в контрольных и загрязненных населенных пунктах, имелось существенное различие между данными анамнеза, относящимися к изменениям щитовидной железы, и анемии. Практически 25 процентам всех обследованных лиц в загрязненных населенных пунктах сказали, или они сами предполагали, что у них имелись патологические изменения щитовидной железы.

Данные анкеты по последствиям облучения для здоровья были собраны в соответствии с процентным соотношением детей и взрослых людей, у которых обнаружили увеличение щитовидной железы или узловой зоб, в контрольных и загрязненных населенных пунктах. Результаты представлены в табл. 36 и 37 и на рис. 24 и 25.

Эти данные демонстрируют, что объем щитовидной железы увеличивается приблизительно до возраста 40 лет, а затем несколько уменьшается (рис. 26–29). Размеры щитовидной железы существенно различаются у людей одного воз-

[18] Д-р Князев (Москва).

[19] Д-р В.С. Паршин (Обнинск).

Таблица 35

Взрослые люди с указаниями на зоб в анамнезе

	Лица в загрязненных населенных пунктах		Лица в контрольных населенных пунктах		Всего
	Количество	Процент	Количество	Процент	
Да	66	24,9	25	10,6	91
Нет	199	75,1	211	89,4	410
Всего	265	100	236	100	501

$p = 0.001$.

Таблица 36

Дети в возрасте 5 и 10 лет, у которых при физикальном обследовании обнаружено увеличение щитовидной железы

	Загрязненные населенные пункты		Контрольные населенные пункты		Всего
	Количество	Процент	Количество	Процент	
Увеличение щитовидной железы	18	0,5	19	7,5	37
Неизмененная щитовидная железа	307	99,5	236	92,5	543
Всего	325	100	255	100	580
Имеются узлы	2	0,6	2	0,8	4
Неизмененная железа	323	99,4	253	99,2	576
Всего	325	100	255	100	580

раста, и у небольшого процента лиц имеется значительное увеличение размеров щитовидной железы. Отсутствуют достоверные доказательства того, что у группы жителей населенных пунктов в определенном районе наблюдается значительное увеличение щитовидной железы. В целом, средние размеры щитовидной железы у жителей районов, обследованных группой международных экспертов, по-видимому, были несколько больше размеров, о которых сообщалось в других районах СССР (рис. 30–34).

Растространненость узлового зоба различна, поскольку частота его обнаружения с помощью ультразвукового исследования почти в три раза превышает таковую при пальпации (рис. 35 и 36). Узлы редко встречаются у детей, но имеются у 5–15% (в зависимости от метода диагностики) взрослых людей. Достоверного различия между контрольными и загрязненными населенными пунктами обнаружено не было.

Размеры щитовидной железы и наличие узлов в ней выявлялись пальпацией и ультразвуковым исследованием. Пальпация производилась при выпрямленной шее, шее в нейтральном положении и при наклоненной голове. Обследование также включало пальпацию в момент сглатывания и визуальный осмотр. После пальпации размер железы определялся как нормальный (классификация ВОЗ, степень 0) или как увеличенный (классификация ВОЗ, степень 1 и выше). Ультразвуковое исследование проводилось с целью определения однородности щитовидной железы, при этом исследование проводилось в реальном масштабе времени с получением изображения на

Таблица 37

Взрослые люди в возрасте 40 и 60 лет, у которых при физикальном обследовании обнаружено увеличение щитовидной железы или узловой зоб

	Загрязненные населенные пункты		Контрольные населенные пункты		Всего
	Количество	Процент	Количество	Процент	
Увеличенная щитовидная железа	27	10,5	16	7,0	43
Неизмененная щитовидная железа	230	89,5	213	93,0	443
Всего	257	100	229	100	486
Имеются узлы	9	3,5	5	2,2	14
Неизмененная железа	248	96,5	224	97,8	472
Всего	257	100	229	100	486

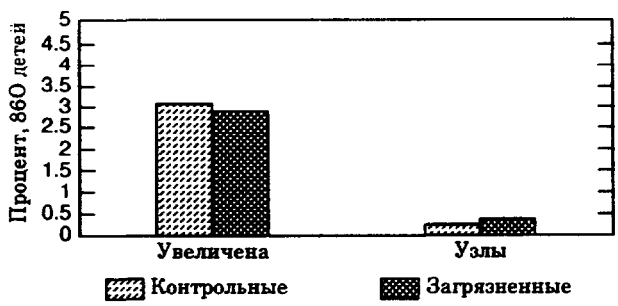


Рис. 24. Патологические изменения щитовидной железы, обнаруженные при физикальном обследовании у детей в возрасте 2–10 лет. р = статистически не значимо

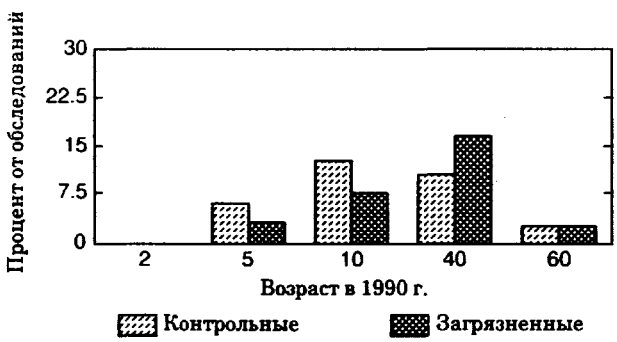


Рис. 25. Увеличение щитовидной железы, обнаруженное при физикальном обследовании у лиц из различных возрастных групп в контрольных и загрязненных населенных пунктах

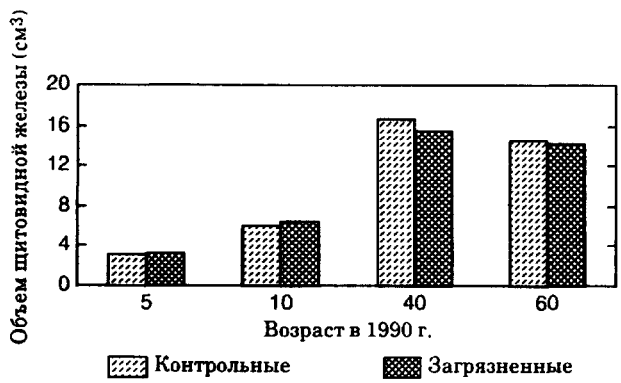


Рис. 26. Объем щитовидной железы, определенный при ультразвуковом исследовании у лиц из различных возрастных групп в контрольных и загрязненных населенных пунктах

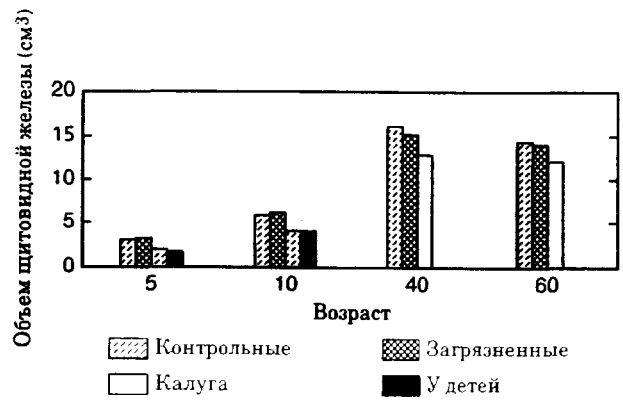


Рис. 27. Объем щитовидной железы в сравнении с опубликованными данными у лиц из различных возрастных групп (мужчин и женщин)

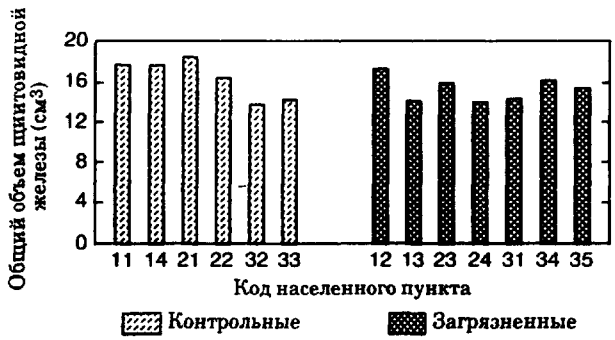


Рис. 28. Общий объем щитовидной железы в различных населенных пунктах, скорректированный по возрасту и полу. СО: ±1,5 см^3

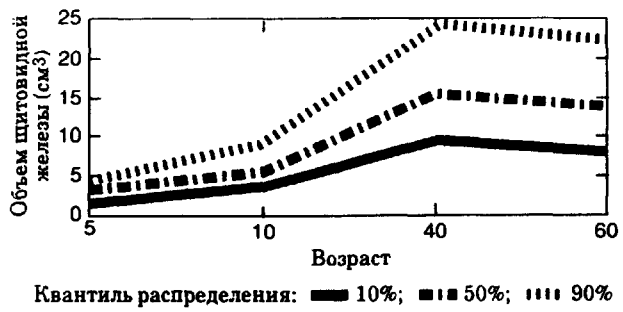


Рис. 29. Распределение показателей объема щитовидной железы, определенных при ультразвуковом исследовании в различных возрастных группах

термочувствительной бумаге как для железы в норме, так и для железы с патологическим изменением. Когда диаметр кисты или солидного образования превышал 5 мм, такое образование регистрировалось.

В некоторых населенных пунктах, например в Ходосах, международные эксперты подробно расспросили детей, их родителей и учителей о проводимых мерах профилактики зоба. В большинстве случаев дети не получали препаратов стабильного йода на регулярной основе. В некоторых районах Белоруссии в детских садах и в 6-м классе средней школы дети получают эти препараты в течение 1 или 2 месяцев в году.

3.3.2.4. Обзор вопросов, связанных с заболеваемостью зобом

Проведение обзора советских данных было осложнено отсутствием единой терминологии и методологии. Кроме того, представляло определенные трудности (как и в большинстве случаев при изучении зоба во всех странах мира) определение стадий 0 и 1 состояния щитовидной железы по клиническим результатам. Наблюдалось статистически значимое различие между контрольными и загрязненными населенными пунктами, которое состояло в том, что жители загрязненных районов сами, или пользуясь информацией, решали, что у них образовался зоб. Международные эксперты не смогли обнаружить никакой разницы ни при пальпации, ни при ультразвуковом исследовании. Размеры железы, полученные методом ультразвукового исследования (43а), несколько превышали размеры щитовидной железы у жителей других обследованных частей Советского Союза. У некоторых обследованных экспертами жителей наблюдалось увеличение размера щитовидной железы, но распространенность оказалась сравнимой с известными международным экспертам показателями для других групп населения.

Обследование показало незначительную корреляцию результатов пальпации и результатов ультразвукового исследования. Это вполне объяснимо, так как на размер железы, определяемый при пальпации, оказывает влияние окружающая ткань (мышечная и жировая ткань) и консистенция железы. Международные эксперты обнаружили, что приблизительно у 8% населения при пальпации отмечалось увеличение щитовидной железы, и поэтому они не смогли подтвердить то, что данный район на самом деле является районом зобной эндемии (если применять определение ВОЗ, согласно которому район признается эндемичным в случае, если заболевание встречается у 10% населения). Клинические данные подтверждаются также сведениями о нормальной функции щитовидной железы, а также данными о количестве йода, поступившего в организм с продуктами питания и выведенного с мочой. Эти данные представлены ниже в разделе "Питание" данного доклада.

Исследование, проведенное международными экспертами, не исключает ни возможности существования районов зобной эндемии в других частях этих республик, ни существование какого-либо населенного пункта, где имеются проблемы, связанные с зобом.

Возможно, в будущем количество случаев увеличения размера щитовидной железы и узлового зоба возрастет в результате полученных доз облучения. Увеличение размера щитовидной железы не было большой клинической проблемой для японцев, переживших атомную бомбардировку, и поэтому, возможно, не станет серьезной проблемой для населения, живущего недалеко от Чернобыля.

Образование узлов в щитовидной железе несомненно будет самой серьезной проблемой.



Рис. 30. Объем щитовидной железы, определенный при ультразвуковом исследовании у взрослых людей в возрасте 40 лет в различных населенных пунктах

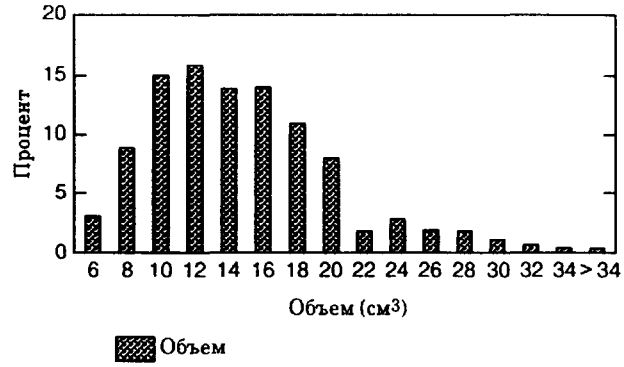


Рис. 33. Распределение показателей объема щитовидной железы, определенных при ультразвуковом исследовании у лиц в возрасте 40 лет во всех населенных пунктах. 10%: 9,8 см^3; 50%: 15,8 см^3; 90%: 24,8 см^3

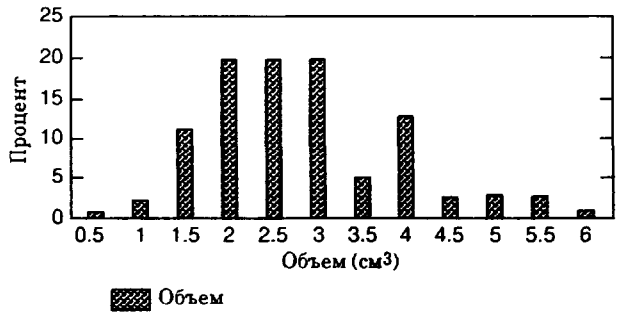


Рис. 31. Распределение показателей объема щитовидной железы, определенных при ультразвуковом исследовании у детей в возрасте 5 лет во всех населенных пунктах. 10%: 1,8 см^3; 50%: 2,8 см^3; 90%: 4,2 см^3

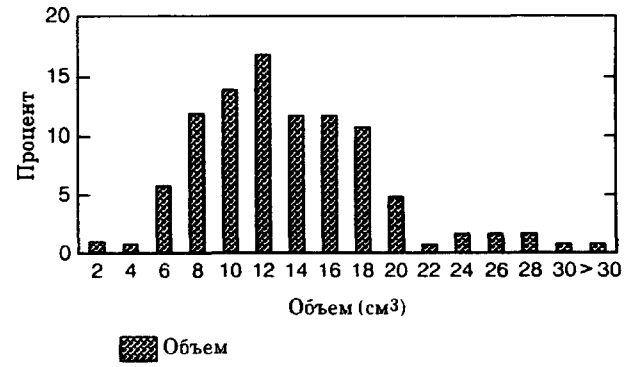


Рис. 34. Распределение показателей объема щитовидной железы у лиц в возрасте 60 лет, определенных ультразвуковым исследованием во всех населенных пунктах. 10%: 8,4 см^3; 50%: 14,2 см^3; 90%: 23,0 см^3

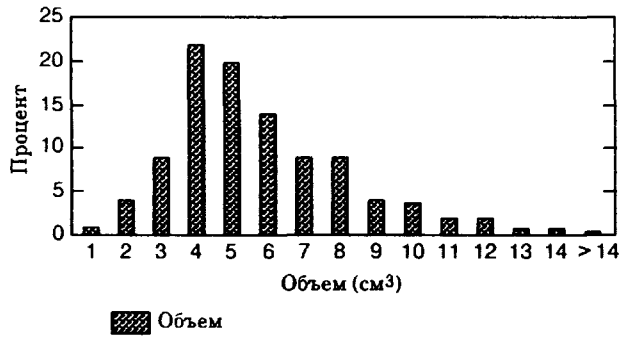


Рис. 32. Распределение показателей объема щитовидной железы, определенных при ультразвуковом исследовании у детей в возрасте 10 лет во всех населенных пунктах. 10%: 3,6 см^3; 50%: 5,6 см^3; 90%: 9,2 см^3

Согласно данным, полученным международными экспертами, пальпацией были обнаружены узлы у 5% взрослых и менее чем 0,5% детей как в контрольных, так и в загрязненных населенных пунктах. Эти данные очень близки к данным, полученным для населения США. При использовании ультразвукового метода исследования структурные изменения щитовидной железы у взрослых наблюдаются примерно в 15% случаев (и это не связано с радиацией). Конечно, невозможно и нежелательно проводить биопсию во всех этих случаях. Размеры многих из них слишком малы для того, чтобы результаты проведенной биопсии могли считаться надежными; очень многие новообразования являются доброкачественными, а количество выполненных биопсий превысило бы возможности соответствующего персонала и специалистов-гистологов. Другой проблемой является сравнительно малое соот-

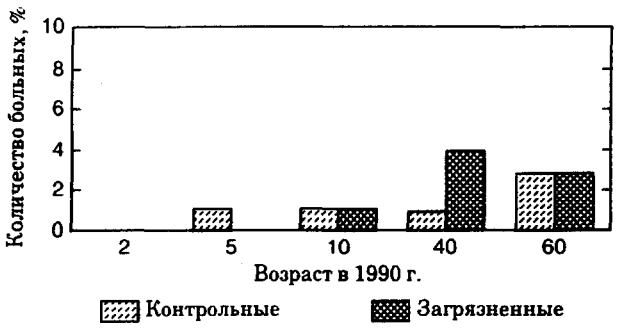


Рис. 35. Распределение узлового зоба, определенного путем физикального обследования у представителей различных возрастных групп, проживающих в контрольных и загрязненных населенных пунктах

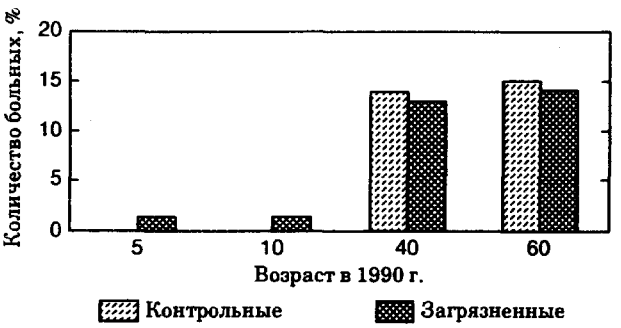


Рис. 36. Распределение узлового зоба, определенного путем ультразвукового исследования у представителей различных возрастных групп, проживающих в контрольных и загрязненных населенных пунктах. Узел: >5 мм в диаметре

ветствие результатов пальпации результатам ультразвукового исследования при обнаружении небольших пораженных участков. Как показали результаты аутопсии, проведенной в США, обычная распространенность всех узловых образований щитовидной железы среди населения, не подвергшегося облучению, может достигать 40–50%.

Не имеет смысла принимать единый алгоритм скрининга и диагностики для всех групп населения. Осуществление программ массового скрининга населения районов, где ожидаемые дозы облучения щитовидной железы составляют менее 0,05 Гр, представляется невозможным и неразумным. Вероятность последствий облучения щитовидной железы близка к верхней границе диапазона у тех, кто подвергся воздействию облучения в детском возрасте, у женщин, у тех, кто получил дозу на щитовидную железу свыше нескольких Гр, а также у людей с небольшими пораженными участками щитовидной железы, выявляемыми пальпацией, и с солидными изменениями, выявленными методом ультразвукового исследования. Ясно, что в этом случае необходимо проводить биопсию. Предпочтительно проведение аспирационной биопсии тонкой иглой. Этот метод биопсии позволяет опытному специалисту определить доброкачественный или злокачественный характер образования в 80% случаев. Вероятность близка к нижней границе диапазона у пожилых женщин, у которых полученная расчетная доза на щитовидную железу составляет менее 0,2 Гр и имеются образования в виде кисты, обнаруженные при проведении ультразвукового исследования. В этих случаях за больными можно просто вести постоянное наблюдение. Необходимо разработать отдельные алгоритмы для разных групп населения на основе вероятности доброкачественного или злокачественного характера поражения. Категоричное указание о проведении хирургического обследования всех выявленных узловых образований, вероятнее всего, принесет больше вреда, чем пользы. Проблема рака щитовидной железы рассматривается более подробно в разделе 3.11.

3.3.3. Микросомальные антитела и аутоиммунный тиреоидит

3.3.3.1. Обоснование

Проблема антител к щитовидной железе (антитела к тиреоглобулину и антимикросомальные антитела) была рассмотрена на примере случаев эутиреоза и гипотиреоза после проведения терапии радиоактивным йодом. В полученных титрах не было существенной разницы.

По сообщениям, было выявлено аутоиммунное заболевание щитовидной железы у нескольких пациентов, которые ранее получили дозу облучения головы и шеи. Однако, клиническая значимость выявленных случаев тиреоидита неоднозначна. Было также сообщено, что увеличилось количество случаев аутоиммунного заболевания щитовидной железы у пациентов, которым при лечении туберкулеза многократно проводили флюрографическое обследование. Исходя из имеющихся данных наблюдения за лицами, пережившими атомные бомбардировки Хиросимы и Нагасаки, можно предположить, но не окончательно, что облучение в малых дозах вызывает хронический тиреоидит и последующий гипотиреоз [36].

3.3.3.2. Обзор советских данных

УССР

Ученых ВНЦРМ в Киеве интересовало, имеют ли заболевания щитовидной железы, с которыми они столкнулись, аутоиммунный характер, поскольку у некоторых обследованных пациентов наблюдается снижение уровня лимфоцитов в крови; их также интересовали возможные изменения соотношения Т-лимфоцитов-хелперов и Т-лимфоцитов-супрессоров. Они также отметили, что в настоящее время обнаруживается наличие антитиреоидных глобулинов и антимикросомальных антител. В Институте эндокринологии в Киеве этот вопрос не изучался.

Были представлены сведения о зависимости уровня антител к тиреоглобулину от поглощенной дозы у детей в Народическом районе[20]. Распространенность повышенного уровня антител составляла 27–42%, причем очевидной зависимости от полученной дозы выявлено не было. Для контрольной группы уровень составил 27%, в то время как для жителей, у которых доза облучения щитовидной железы составляла 0,5 Гр, уровень составил 29%. Самым высоким данный уровень оказался для группы жителей, у которых доза на щитовидную железу была равна 0–0,3 Гр (в 42% случаев был выявлен повышенный уровень антител). Аналогичными были результаты, полученные при изучении повышенных уровней антител к микросомальной фракции (11–30% в растворе 1:8).

РСФСР

По сообщению специалиста[21], согласно данным его исследования случаи хронического тиреоидита выявлены не были.

БССР

Мнения ученых Киева и Минска по проблеме микросомальных антител расходятся. Один из них[22] исследовал микросомальные антитела при помощи агглютинационного набора советского производства. Есть сомнения относительно точности результатов, получаемых при его использовании, и, согласно полученным данным, положительные результаты наблюдались у 50% обследованных детей в загрязненных районах и только у 2% детей в контрольных районах.

3.3.3.3. Краткий обзор вопросов, связанных с аутоиммунным тиреоидитом

Представляется довольно интересным тот факт, что в мире существуют районы, где количество йода в рационе питания является достаточным и, тем не менее, они являются эндемичными по зобу. Это можно объяснить генетическими факторами или естественными факторами, способствующими развитию эндемического зоба; было сделано предположение, что хронический тиреоидит в некоторых районах также может быть причиной эндемического зоба. На основе результатов экспериментов на животных некоторые авторы пришли к заключению, что характерная гистологическая картина тиреоидита Хашимото, возможно, является основным патологическим нарушением в 20–30% случаев зоба в США [38].

Остается невыясненным, влияет ли избыточное количество йода на развитие хронического тиреоидита или оно просто отягчает заболевание зобом у больных с предрасположенностью к тиреоидиту.

Проблема аутоиммунного тиреоидита учитывалась при планировании работы экспертов на местности. К сожалению, наборы, которые эксперты собирались использовать в работе, было необходимо хранить в замороженном состоянии до момента использования. По соображениям организационного характера в полевых условиях эти наборы использованы не были. Кроме того, известно, что и у людей без клинических признаков заболеваний высок уровень положительной реакции (до 10%).

Обзор советских данных показал отсутствие взаимосвязи между расчетной дозой на щитовидную железу и количеством поглощенного радиоактивного йода. Изучение функции щитовидной железы показывает, что, если и имеются случаи тиреоидита, они являются клинически значимыми только у нескольких процентов населения. В ходе работы на местности в рамках Проекта специалисты по заболеваниям щитовидной железы осмотрели несколько пациентов, у которых при обследовании в клинических условиях был выявлен хронический тиреоидит.

---

[20] Д-р А.К. Чебан (ВНЦРМ).

[21] Д-р Князев (Москва).

[22] Д-р Л.М. Астахова (Минск).

3.4. Сердечно-сосудистая система

3.4.1. Обоснование

Существует много определений артериальной гипертензии. Однако две организации предложили определения практического характера. В 1978 году Всемирная организация здравоохранения рекомендовала следующие критерии:

Норма:
систолическое давление- ≤140 мм рт.ст.
диастолическое давление≤90 мм рт.ст.
Пограничное состояние:
систолическое давление 141–159 мм рт.ст.
диастолическое давление91–94 мм рт.ст.
Артериальная гипертензия:
систолическое >160 мм рт.ст.
и/или диастолическое >95 мм рт.ст.

Критерии Четвертого национального комитета (JNC-4) предусматривают, что диагноз артериальной гипертензии ставится в случае, если при двух следующих друг за другом посещениях врача подтверждаются следующие начальные повышенные показатели: среднее диастолическое 90 мм рт.ст. и выше или среднее систолическое 140 мм рт.ст. и выше [61–62].

Значительная артериальная гипертензия у детей и взрослых определяется следующими показателями:

Возраст (в годах)	Систолическое	Диастолическое
менее 2	112	74
3–5	116	76
6–9	122	78
10–12	126	82
13–15	136	86
16–18	142	92

Высокое кровяное давление является основным фактором риска, приводящим к преждевременной смерти и потере трудоспособности. Эта болезнь вызывает беспокойство не потому, что опасны ее тяжелые формы, а потому, что у большого числа людей наблюдается незначительно повышенное давление. Последствия артериальной гипертензии оцениваются по-разному, однако при постоянно повышенном на 5 мм рт.ст. диастолическом давлении примерно на 30% возрастает риск инсульта и на 20% возрастает риск ишемической болезни сердца [63, 64].

Кровяное давление, особенно систолическое, с возрастом повышается. Обычно с возрастом наблюдается повышение только систолического давления, которое диагностируется при диастолическом давлении ниже 90 мм рт.ст. и систолическом давлении выше 160 мм рт.ст. и отмечается примерно у четверти людей старше 65 лет. Повышение систолического артериального давления при нормальном диастолическом давлении представляет существенную проблему — у больных с таким диагнозом в 3–4 раза возрастает риск инсульта. Обычно это заболевание вызвано потерей эластичности артерий и поражением артерий атеросклерозом [65].

Данные по диастолическому и систолическому кровяному давлению у мужчин и женщин, проживающих в Москве и Ленинграде, представлены в табл. 38 и 39.

Эти данные основываются на однократном измерении, сделанном во время физикального обследования. Пограничная или выраженная артериальная гипертензия (колонка 1) диагностировались при систолическом давлении не ниже 140 мм рт.ст. или/и диастолическом не ниже 90 мм рт.ст. Выраженная артериальная гипертензия (колонка 2) диагностировалась при систолическом давлении не ниже 160 мм рт.ст. или/и диастолическом не ниже 95 мм рт.ст.

Существуют различные мнения о том, какое давление является более важным показателем риска, систолическое или диастолическое. Некоторые исследования свидетельствуют о том, что повышение систолического давления чаще, чем повышение диастолического давления, определяет риск сердечно-сосудистых заболеваний за весь период жизни взрослых людей, кроме того, повышение систолического давления увеличивает прямую и непосредственную нагрузку на сердце.

Головная боль является самым распространенным симптомом артериальной гипертензии. Пациенты, у которых не была выявлена артериальная гипертензия, только в 20% случаев жалуются на головную боль. Однако пациенты, которым известно, что они страдают этим заболеванием, жалуются на головную боль примерно в 70% случаев. Несомненно, в этих случаях важное значение имеют психологический компонент и особенности восприятия.

Артериальная гипертензия ускоряет развитие атеросклероза всех сосудов, включая коронарные артерии. Многие считают, что артериальная гипертензия является самым значительным фактором риска ишемической болезни сердца. Результаты продолжительных исследований показали, что распространенность инфарктов миокарда у страдающих артериальной гипертензией более чем вдвое выше, чем у имеющих нормальное кровяное давление.

Методика измерения и регистрации кровяного давления может повлиять на получаемые результаты. Ширина манжеты сфигмоманометра дол-

Таблица 38

Опубликованные показатели диастолического кровяного давления (мм рт.ст.) для населения Москвы и Ленинграда

Город	Пол	Возрастная группа (лет)	Средняя величина	СО	Процентный квантиль распределения						
					5	10	25	50	75	90	95
Москва	Мужской	20–29	75,6	0,8	56	62	68	75	83	91	94
		30–39	81,9	0,8	63	67	74	82	89	96	102
		40–49	88,2	0,9	67	71	79	87	97	105	113
		50–59	90,1	0,9	70	74	81	89	98	106	110
		60–69	84,6	1,0	63	69	74	83	93	101	111
	Женский	20–29	69,1	0,8	54	56	61	67	77	82	85
		30–39	75,7	0,7	59	62	69	74	81	90	96
		40–49	82,3	0,8	63	67	72	82	90	99	105
		50–59	86,2	0,9	67	69	76	84	95	106	110
		60–69	85,4	0,8	66	69	76	84	94	103	109
Ленинград	Мужской	20–29	76,5	0,8	56	62	68	75	83	91	94
		30–39	81,9	0,8	63	67	74	82	89	96	102
		40–49	88,2	0,9	67	71	79	87	97	105	113
		50–59	90,1	0,9	70	74	81	89	98	106	110
		60–69	84,6	1,0	63	69	74	83	93	101	111
	Женский	20–29	72,9	0,6	56	60	67	73	79	86	91
		30–39	77,7	0,5	62	64	71	77	84	91	98
		40–49	83,9	0,5	67	70	75	82	91	100	106
		50–59	89,2	0,6	70	73	80	88	98	107	113
		60–69	88,1	0,7	68	71	79	88	96	105	111

жна составлять 2/3 расстояния от подмышечной впадины до локтевой ямки, а длина манжеты должна быть такой, чтобы охватить 80% объема плеча. Использование слишком короткой или слишком узкой манжеты может привести к получению неверных завышенных показателей. Пациент должен находиться в ненапряженном состоянии с упором на руку. Движению плеча не должна мешать тесная одежда. Манжета должна находиться на уровне сердца, а мембрана стетоскопа — на плечевой артерии. Манжету необходимо накачать воздухом до блокировки пульса, а затем выпускать из нее воздух со скоростью 2–3 мм/с. Необходимо провести несколько измерений, так как при последующих измерениях высокие и низкие показания усредняются.

Первичную артериальную гипертензию может вызвать ряд факторов [61]. Наследственность играет большую роль, в том числе и в случае артериальной гипертензии. Причины этого до конца не выяснены. Ниже будут упомянуты только некоторые механизмы артериальной гипертензии. Патогенез артериальной гипертензии может быть связан с повышенным потреблением продуктов питания, содержащих натрий. Хотя у многих групп населения количество натрия, поступившего в организм, значительно превышает дневную норму взрослого человека,

только часть людей может быть подвержена его вредному воздействию, возможно, вследствие наследственных нарушений механизма выведения натрия из организма. В большинстве западных стран количество поступающего в организм натрия достаточно велико, однако артериальная гипертензия развивается только у 20% населения.

У людей, страдающих ожирением, артериальная гипертензия распространена в три раза больше, чем у людей, не страдающих ожирением. Повышенный уровень инсулина, который наблюдается у страдающих ожирением, может существенно влиять на развитие гипертензии. Согласно исследованию, проведенному Фрэмингемом [66], ожирение, степень которого определяется толщиной подлопаточной складки кожи, является основным контролируемым фактором развития артериальной гипертензии; в 78% случаев у мужчин и в 64% случаев у женщин артериальная гипертензия является следствием ожирения. Механизмы влияния ожирения на развитие артериальной гипертензии, вероятно, связаны с увеличением объема циркулирующей крови, дарным объемом крови, сердечным выбросом. Артериальной гипертензии особенно подвержены дети с избыточной массой тела; избыточная масса тела у детей, как правило, указывает на

Таблица 39

Опубликованные показатели систолического кровяного давления (мм рт.ст.) для жителей Москвы и Ленинграда

Город	Пол	Возрастная группа (лет)	Средняя величина	СО	Процентный квантиль распределения						
					5	10	25	50	75	90	95
Москва	Мужской	20–29	122,5	0,9	103	106	113	121	132	141	146
		30–39	123,8	1,0	103	107	114	123	132	142	152
		40–49	135,0	1,5	105	109	120	130	146	163	176
		50–59	144,5	1,6	108	115	128	142	160	177	187
		60–69	152,0	1,7	109	118	134	151	167	186	201
	Женский	20–29	112,6	0,9	93	96	105	112	120	128	133
		30–39	118,1	0,9	99	102	108	116	125	137	143
		40–49	129,7	1,3	102	106	115	126	138	159	176
		50–59	145,6	1,8	112	114	123	140	163	183	193
		60–69	167,3	1,8	125	133	146	163	187	202	218
Ленинград	Мужской	20–29	120,8	0,8	100	104	112	120	128	137	142
		30–39	124,8	0,8	104	108	115	123	132	144	151
		40–49	134,7	0,4	107	112	120	132	145	162	172
		50–59	146,1	0,6	114	119	129	142	160	178	192
		60–69	154,0	1,5	118	123	135	148	171	191	201
	Женский	20–29	112,8	0,8	93	97	104	112	121	128	134
		30–39	118,9	0,8	98	102	108	117	127	140	147
		40–49	131,6	0,9	103	107	116	127	141	163	175
		50–59	153,5	1,2	115	121	132	148	170	195	208
		60–69	166,5	1,5	119	127	143	164	187	209	223

Таблица 40

Процент лиц с пограничным или явно повышенным уровнем кровяного давления в США

Возрастная группа	Мужчины		Женщины	
	Артериальная гипертензия	Явно повышенный уровень	Артериальная гипертензия	Явно повышенный уровень
25–34	31,5	12,2	10,4	3,2
35–44	37,6	15,2	24,6	9,9
45–54	52,0	28,6	40,1	20,1
55–64	57,6	29,7	53,1	24,4
65–74	60,6	32,7	63,0	35,0

высокую вероятность высокого давления в подростковом возрасте.

Существует всего несколько достаточно обоснованных исследований влияния снижения массы тела на развитие артериальной гипертензии. Все еще ведутся споры относительно того, может ли уменьшение массы тела само по себе привести к снижению кровяного давления [67]. Некоторые авторы считают, что при этом необходимо также снизить потребление натрия. Ограничение потребления натрия примерно до 70–100 ммоль в день может привести к снижению кровяного давления.

Существует несколько аспектов взаимосвязи между стрессом и активностью симпатической нервной системы, с одной стороны, и артериальной гипертензией — с другой. Повышенная активность симпатической нервной системы может быть одной из главных причин развития гипертрофии стенки сосуда, что само по себе может привести к развитию артериальной гипертензии. Адреналин вызывает не только преходящее повышение кровяного давления при известной ответной реакции типа "или все, или ничего" на стресс. Повторяющееся стрессовое давление может привести к артериальной гипертензии, и непонятно, лежат ли в основе этого гормональные или психологические факторы. Известно, что у авиадиспетчеров и рабочих, которые на работе подвергаются высокому стрессовому давлению, распространенность артериальной гипертензии выше, чем можно предположить. Артериальная гипертензия может развиваться у людей не только потому, что они подвергаются стрессовому давлению, но и потому, что они реагируют на стресс не так, как другие. Эмоциональная неустойчивость может в некоторых случаях приводить к повышению активности симпатической нервной системы и развитию артериальной гипертензии.

Интересно изучить влияние на население прилегающих к Чернобылю районов высокого уровня потребления продуктов питания, содержащих углеводы. Кратковременное поступление в организм большого количества углеводов может привести к накоплению натрия в организме, но обычно не приводит к повышению кровяного давления [68]. Однако, с другой стороны, при такой структуре питания может повыситься концентрация инсулина в плазме, и без того высокая у больных, страдающих артериальной гипертензией. Курение и поступление в организм кофеина могут сильно повысить кровяное давление. Однако организм становится толерантным к воздействию этих факторов, и ни потребление кофе, ни курение не увеличивают риск артериальной гипертензии [69].

Как сообщалось, после чернобыльской аварии зарегистрирован рост всех заболеваний сердечно-сосудистой системы, включая такие нозологические формы, как артериальная гипертензия, инфаркт миокарда, инсульт и сердечная недостаточность.

Известно, что сердечно-сосудистая система обладает относительной устойчивостью к прямому воздействию радиации. Прямое воздействие радиации, как правило, подразумевает поглощенную дозу при фракционированном излучении свыше 30 Гр [70–73]. Однако был непонятен механизм взаимосвязи психологических факторов воздействия, стресса после аварии и других факторов, таких, как структура питания, курение, потребление алкоголя. В ходе первой миссии экспертам сообщили об обеспокоенности ростом числа сердечно-сосудистых заболеваний. Например, в г. Овруч (УССР) врачи сообщили о том, что рост количества случаев артериальной гипертензии составил 27%. В Корме зарегистрирован стопроцентный рост числа сердечно-сосудистых заболеваний. В ходе первых посещений населен-

Таблица 41

Уровень смертности в СССР от сердечно-сосудистых заболеваний

Регион	На количество людей	1985	1986	1987	1988
Киев	100 000	855	749	807	805
Житомир		759	674	673	744
Вся УССР		**670**			
Брянск		831	715	736	767
Вся РСФСР		**611**			
Гомель		641	583	613	614
Вся БССР		**597**			

ных пунктов экспертам было предоставлено очень мало документации. По этой причине представлялось важным изучить именно эти вопросы.

3.4.2. Обзор советских данных

Единственным источником информации о распространенности сердечно-сосудистых заболеваний в загрязненных населенных пунктах было кардиологическое отделение ВНЦРМ[23].

Согласно результатам ЭКГ и данным клинической статистики, ежегодно на 10 000 жителей приходится от 4 до 7,2 случаев инфаркта миокарда. Были также изучены уровни артериальной гипертензии и ишемической болезни сердца, причем оказалось, что, если рассматривать период с 1984 по 1989 гг., самый высокий уровень этих заболеваний приходится на 1985 год до аварии в Чернобыле.

Лица, которые принимали участие в работах по дезактивации и обращались в Институт с жалобами разного характера, были также обследованы и разделены на группы в зависимости от полученных доз. Было проведено обследование толщины стенки левого желудочка сердца с помощью ультразвука, а также фракции ударного выброса. Не было выявлено зависимости полученных результатов от поглощенной дозы; более того, показатели у этой группы оказались лучше, чем у контрольной. К сожалению, не принимались во внимание такие факторы, как возраст, привычки (курение и т. п.); кроме того, обследованные лица были моложе лиц, входящих в контрольную группу. Были предоставлены данные по эпидемиологии сердечно-сосудистых заболеваний в Москве и Ленинграде. Эти данные важны для сравнения с данными, полученными экспертами, работавшими в рамках Проекта в выездных группах.

Министерство здравоохранения СССР представило группе международных экспертов данные по уровню смертности от сердечно-сосудистых заболеваний. Данные приводятся в табл. 41.

3.4.3. Результаты работы выездных групп экспертов на местности

Не производилось измерение давления у двухлетних детей, т. к., по мнению экспертов-педиатров, полученные результаты были бы недостоверными. Для всех других возрастных групп измерение кровяного давления проводилось после того, как обследуемый спокойно посидел не менее пяти минут перед анализом крови или другими обследованиями. Все высокие результаты были проверены повторным измерением кровяного давления другим врачом, причем второе измерение проводилось не менее, чем через 20 минут после первого, и обследуемый при этом не выходил из клиники. На рис. 37–40 представлены данные, полученные в рамках Проекта, по уровню диастолического и систолического кровяного давления.

Средний уровень диастолического кровяного давления у взрослых людей составил 87 мм рт.ст., хотя у 10% лиц в возрасте 40 лет уровни диастолического давления превышали 100 мм рт.ст., а у 10% лиц в возрасте 60 лет уровни диастолического давления превышали 110 мм рт.ст. Средний уровень систолического давления у взрослых людей составил 145 мм рт.ст.

[23] Проф. Хамазюк.

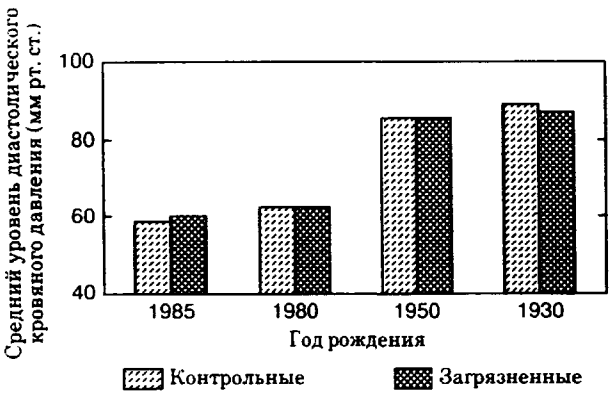


Рис. 37. Средний уровень диастолического кровяного давления в различных возрастных группах в контрольных и загрязненных населенных пунктах

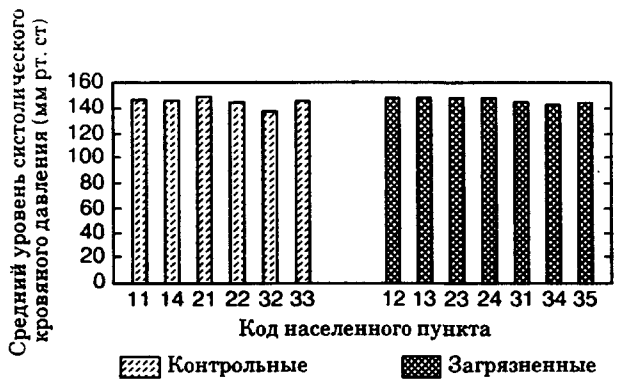


Рис. 40. Средний уровень систолического кровяного давления у лиц в возрасте 40 и 60 лет в различных населенных пунктах. Скорректировано по полу 50:50; СО: ±5 мм рт.ст.

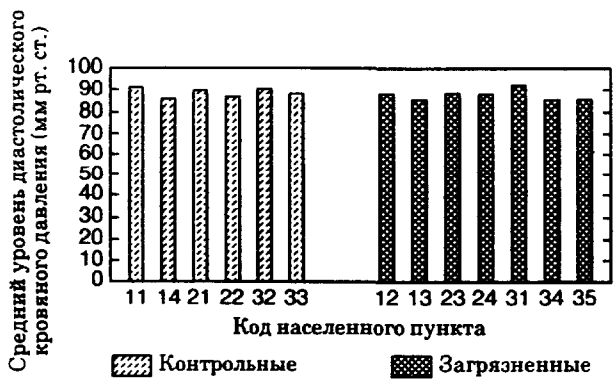


Рис. 38. Средний уровень диастолического кровяного давления у лиц в возрасте 40 и 60 лет по населенным пунктам. Скорректировано по полу 50:50; СО: ±3 мм рт.ст.

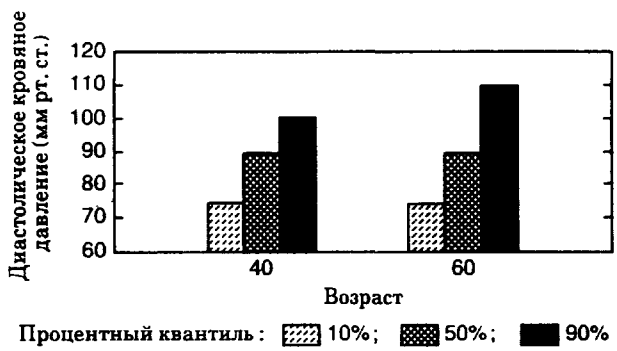


Рис. 39. Диастолическое кровяное давление у взрослых людей

Согласно опросу, проведенному группами экспертов в ходе работы на местности, примерно половина взрослых жителей жаловалась на боли в груди.

Проведенное врачами обследование показало, что примерно у 1% детей и 5% взрослых были обнаружены явные значительные патологические изменения при аускультации, сердечная аритмия или признаки сердечной недостаточности; в этих случаях необходимо проводить постоянное наблюдение за пациентом или провести курс лечения. Конечно, проведение других видов обследования (например, ЭКГ или рентгенологического исследования органов грудной полости) обязательно выявило бы наличие других случаев заболеваний.

3.4.4. Краткий обзор вопросов, связанных с сердечно-сосудистыми заболеваниями

Было выявлено, что большое количество взрослых жителей контрольных и загрязненных населенных пунктов имеют пограничную или выраженную артериальную гипертензию. Большинству пациентов, у которых в ходе обследования была выявлена артериальная гипертензия, данный диагноз был поставлен ранее местными врачами, в их историях болезни уже была определена стадия артериальной гипертензии. Поэтому международные эксперты имели возможность подтвердить имеющиеся данные и убедиться в том, что принимаемые меры эффективны.

Причины, вызывающие артериальную гипертензию, не были определены в ходе данного

исследования. Возможно, для разных людей эти причины были разными. В разделе "Питание" представлены данные о том, что количество натрия, поступающего в организм с наиболее широко потребляемыми продуктами питания, велико. В этом разделе имеются также данные, подтверждающие, что по критериям ВОЗ значительный процент населения имеет избыточную массу тела. Так как во всем мире эти два фактора в основном вызывают артериальную гипертензию, можно предположить, что эта проблема, помимо прочих проблем, актуальна и для обследованных районов.

Не представляется возможным точно определить влияние психологического стресса на возникновение артериальной гипертензии. Как следует из раздела, в котором рассматриваются вопросы, связанные с психологией, жители контрольных населенных пунктов также испытывают значительный стресс. Поэтому тот факт, что не существует разницы между данными по артериальному давлению у жителей контрольных и загрязненных районов, не исключает наличия психологического компонента. Согласно советским данным по республикам, рост смертности от сердечно-сосудистых заболеваний в период 1985–1988 гг. зарегистрирован не был. Данные по уровню смертности для отдельно взятых районов и загрязненных районов представлены не были.

3.5. Общее состояние здоровья

3.5.1. Обоснование

В ранее проведенных крупных эпидемиологических исследованиях воздействия радиации на здоровье человека не было выявлено роста числа заболеваний общего характера, которые можно было бы связать с воздействием радиоактивного излучения. Эти вопросы подробно рассмотрены НКДАР [74].

Хотя сокращение продолжительности жизни действительно может быть следствием облучения, существует большое количество полученных в ходе экспериментов на животных доказательств того, что это сокращение жизни в значительной степени (в случаях, когда величины и мощности доз находятся в пределах от низких до средних) является следствием образования опухолей. Эпидемиологические данные, полученные при обследовании жителей, переживших бомбардировки Хиросимы и Нагасаки, подтверждают, что эти выводы распространяются и на людей.

Хотя прямое воздействие радиации пока не могло вызвать ни роста числа заболеваний общего характера, ни уменьшения продолжительности жизни, вполне возможно существование причин, связанных с аварией, но не связанных с воздействием радиации, (например, плохое питание, стресс и т. п.), которые могли способствовать росту числа заболеваний общего характера. Определение и документирование возможного роста числа заболеваний общего характера сильно затрудняются многими факторами, связанными с эпидемиологией новообразований. Одним из таких осложняющих исследования факторов является возросшее количество посещений поликлиник по вопросам, с которыми до аварии жители не стали бы обращаться к врачу; этот факт можно объяснить обеспокоенностью воздействием радиации. Возможно также, что врачи регистрируют большее количество заболеваний вследствие того, что после аварии обследование стало более тщательным. Нельзя также исключать возможность того, что зарегистрированный рост количества случаев язвенной болезни и других заболеваний является следствием стрессового давления, испытанного во время аварии и испытываемого после аварии.

Известно, что тысячи советских детей были отправлены в другие страны (на Кубу, во Францию, в Германию и Израиль) для лечения "последствий воздействия радиации". Многие дети были отобраны для прохождения лечения, исходя из того, что их считали больными, при этом не все из них проживали в загрязненных районах. Маловероятно, что данные, полученные при обследовании этих детей, зависят от отбора детей. Однако на сегодняшний день никто из специалистов этих стран не представил данных о наличии отклонений, непосредственно связанных с воздействием радиации.

С учетом вышеизложенного представляется полезным проведение под контролем обследования разных возрастных групп жителей загрязненных и сравнительно чистых районов. Кроме того, представляется полезным провести обзор и анализ имеющихся советских данных.

3.5.2. Обзор советских данных

3.5.2.1. Обнинск

Всесоюзный сводный регистр (ВСР), который находится в Обнинске, располагает ограниченным объемом данных по всем видам заболеваний. Имеются данные обследования детей и подростков за 1987 и 1988 гг. по Брянской, Киевской, Житомирской, Гомельской и Могилевской областям. Зарегистрирован небольшой рост числа заболеваний, однако непонятно, к какой группе

Таблица 42

Данные об общем состоянии здоровья в БССР, РСФСР и УССР, представленные Министерством здравоохранения СССР

Регион	Показатель	На количество лиц	1985	1986	1987	1988
Гомельская	Дизентерия	100 000	236	110	102	219
Могилевская			132	78	105	163
Вся БССР						**140**
Брянская			431	206	236	223
Вся РСФСР						**313**
Киевская			72	94	85	78
Житомирская			89	101	80	89
Вся УССР						**97**
Гомельская	Вирусный гепатит	100 000	237	214	178	220
Могилевская			276	223	179	207
Вся УССР						**232**
Брянская			198	203	110	119
Вся РСФСР						**145**
Киевская			199	156	133	135
Житомирская			198	166	176	243
Вся УССР						**173**
Гомельская	Корь	100 000	63	15	17	14
Могилевская			57	7	36	3
Вся БССР						**8**
Брянская			13	10	139	17
Вся РСФСР						**85**
Киевская			74	66	134	16
Житомирская			76	171	88	20
Вся УССР						**20**
Гомельская	Впервые обнаружены	100 000	51	40	39	44
Могилевская	случаи туберкулеза		61	46	42	39
Вся БССР						**34**
Брянская			41	40	39	38
Вся РСФСР						**41**
Киевская			43	41	40	34
Житомирская			68	69	59	46
Вся УССР						**36**
Гомельская	Общее число случаев	100 000	213	196	189	189
Могилевская	туберкулеза		264	239	220	205
Вся БССР						**169**
Брянская			220	228	219	209
Вся РСФСР						**213**
Киевская			216	218	217	210
Житомирская			289	304	300	273
Вся УССР						**205**
Гомельская	Количество госпитали-	1000	28	28	28	28
Могилевская	зированных лиц		31	31	31	30
Вся БССР						**27**
Брянская			25	25	25	26
Вся РСФСР						**26**
Киевская			24	24	24	24
Житомирская			26	27	26	27
Вся УССР						**28**

Таблица 42 (продолжение)

Регион	Показатель	На количество лиц	1985	1986	1987	1988
Гомельская	Уровень смертности	100 000	641	583	613	614
Могилевская	от сердечно-сосудистых					
Вся БССР	заболеваний					597
Брянская			831	715	736	767
Вся РСФСР						**611**
Киевская			855	749	807	805
Житомирская			759	674	673	744
Вся УССР						**670**
Гомельская	Уровень смертности от	100 000	86	69	70	77
Могилевская	несчастных случаев,					
Вся БССР	травм и отравлений					83
Брянская			130	93	92	100
Вся РСФСР						**111**
Киевская			101	89	86	89
Житомирская			96	70	76	78
Вся УССР						**101**
Гомельская	Общий уровень	1000	10,3	9,4	9,8	10,1
Могилевская	смертности		11,3	10,0	10,4	10,4
Вся БССР						**10,1**
Брянская			13,2	11,3	11,8	12,4
Вся РСФСР						**10,7**
Киевская			13,3	11,9	12,5	12,4
Житомирская			12,9	11,8	12,3	12,5
Вся УССР						**11,7**

Таблица 43

Зарегистрированные жалобы взрослого населения (обследован 501 человек, из них 265 человек в загрязненных и 236 — в контрольных населенных пунктах)

Жалобы	Загрязненные населенные пункты				Контрольные населенные пункты				Всего	
	Да		Нет		Да		Нет		Да	Нет
	Кол-во	%	Кол-во	%	Кол-во	%	Кол-во	%	Кол-во	Кол-во
Повышенная утомляемость[a]	237	89,4	28	10,6	190	81,5	46	19,5	427	74
Головные боли	216	81,5	49	18,5	182	77,1	54	22,9	398	103
Носовые кровотечения	42	15,9	223	84,1	25	10,6	211	89,4	67	434
Ангина	105	40	160	60	89	38	147	62	194	307
Выпадение волос	69	26	196	74	58	25	178	75	127	374
Потеря аппетита	140	53	123	47	102	43	134	57	242	257
Увеличение массы тела	51	19	214	81	32	14	204	86	83	418
Уменьшение массы тела	40	15	225	85	35	15	201	85	75	426
Боли в груди	141	53	124	47	102	43	134	57	243	258
Диарея или запоры	71	27	193	73	60	25	176	75	131	369
Депрессия	111	42	153	59	101	43	135	57	212	288

[a] Коэффициент вероятности "p" соответственно составляет: 0,005, 0,225, 0,025, 0,084, 0,661, 0,707, 0,088, 0,934, 0,026, 0,709 и 0,865.

относятся эти заболевания. К сожалению, не имеется ни базовых данных, отражающих ситуацию до аварии, ни контрольной группы, подходящей для проведения сравнения. При составлении Регистра не учитывались возможные дополнительные факторы, такие, как возросший объем поступающей информации. Согласно предоставленным данным примерно у 125 000 детей и подростков, внесенных в Регистр, было выявлено 50 000–60 000 случаев различных заболеваний. Эксперты не получили информации о критериях, которыми руководствовались при включении детей в Регистр.

3.5.2.2. УССР

Врачи клиники в Полесском отмечают, что наблюдается рост числа всех видов заболеваний, однако эти данные основываются на количестве лиц, посетивших клинику и поступивших по скорой помощи. Как сообщили врачи в Овруче, сравнение данных за 1985 и 1988 гг. показало, что рост числа случаев диабета у взрослых составляет 37%, а рост числа случаев гипотиреоза — 91%. Сами данные представлены не были.

Были предоставлены данные по общему количеству заболеваний в различных районах УССР[24]. Данные относятся к периоду 1985–1988 гг. и охватывают 16 районов. Уровень заболеваемости составляет от 10 до 500 случаев на 10 000 детей (что, возможно, отражает существенную разницу в объеме информации, поступившей в разные годы в течение указанного периода времени). В целом, данные не указывают на то, что с течением времени происходили статистически значимые изменения, и они существенно отличаются от данных, представленных в Обнинском Всесоюзном сводном регистре.

3.5.2.3. БССР

Было отмечено, что рост числа случаев язвенной болезни, а также заболеваний уха, горла и носа составил 23%. Заместитель главного врача республики сообщил, что рост числа редких заболеваний составил 2%.

3.5.2.4. СССР

Об общих мерах по охране здоровья до некоторой степени можно судить по уровням инфекционных заболеваний, количеству госпитализированных больных, средней продолжительности пребывания в стационаре и уровням смертности. Эти данные были представлены Министерством здравоохранения УССР по пяти загрязненным районам приводятся в табл. 42.

Многие советские специалисты представили большой объем недостаточно обоснованных, непоследовательных и очень разноречивых данных, относящихся к общему состоянию здоровья населения. В большинстве случаев не приводились исходные данные, и не анализировалась степень субъективности данных.

Данные, представленные Министерством здравоохранения СССР, позволяют предположить, что с течением времени в загрязненных районах (в других районах республики) не наблюдалось общих явлений, которые позволили бы предположить наличие тенденции к ухудшению общего состояния здоровья в результате аварии. Отсутствие роста случаев каких-либо инфекционных заболеваний говорит в пользу того, что после аварии не наблюдается клинически существенных изменений в состоянии иммунной системы.

3.5.3. Результаты работы выездных групп экспертов на местности

Данные по общему состоянию здоровья были собраны в ходе работы выездных групп экспертов-медиков как в контрольных, так и в загрязненных населенных пунктах. Это были данные из анамнеза, а также данные, полученные в результате физикального обследования.

3.5.3.1. Симптомы и жалобы

Для оценки анамнеза взрослых людей просили фиксировать все жалобы или симптомы, наблюдавшиеся в течение последних двух месяцев. Первоначально анализировались лишь данные по взрослому населению, так как в некоторых случаях родители записывали свои жалобы и симптомы в анкете ребенка. Данные по жалобам, касающимся анемии и зоба, были представлены выше, в других разделах по этим проблемам. Жалобы взрослых людей, относящиеся к состоянию их здоровья, приводятся в табл. 43 и 58 и на рис. 41–47.

3.5.3.2. Физикальное обследование

Выполненные группой экспертов-врачей физикальные обследования ограничивались определе-

[24] Д-р Е.И. Степанова (Киев).

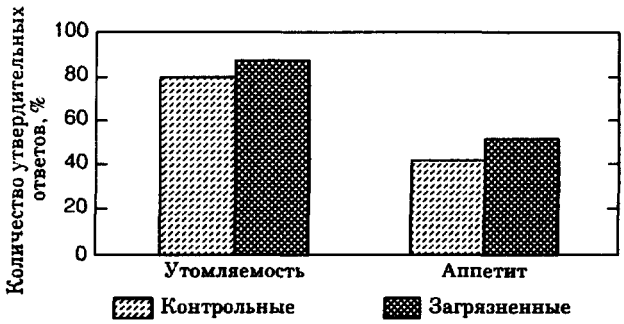


Рис. 41. Жалобы взрослого населения на утомляемость и потерю аппетита в контрольных и загрязненных населенных пунктах. Последние два месяца, $p < 0,05$. (Замечание: различие между контрольными и загрязненными населенными пунктами не является статистически значимым при условии, если $p < 0,05$.)

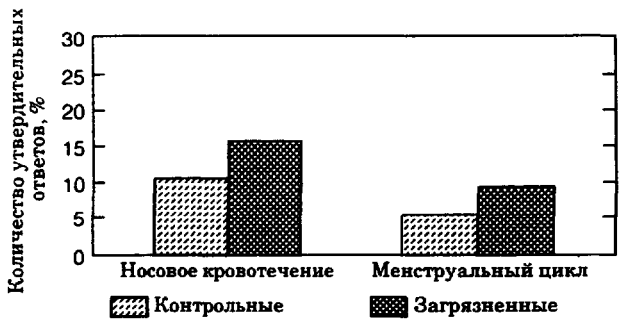


Рис. 44. Жалобы взрослого населения на носовое кровотечение и нерегулярный менструальный цикл ($p = 0,08–0,09$) в контрольных и загрязненных населенных пунктах. Последние два месяца

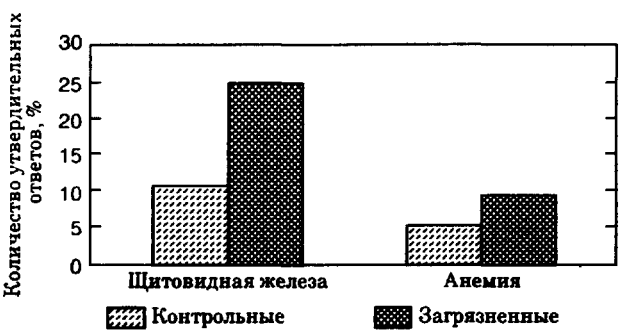


Рис. 42. Жалобы взрослого населения на изменения со стороны щитовидной железы ($p = 0,000$) и анемию ($p = 0,038$) в контрольных и загрязненных населенных пунктах

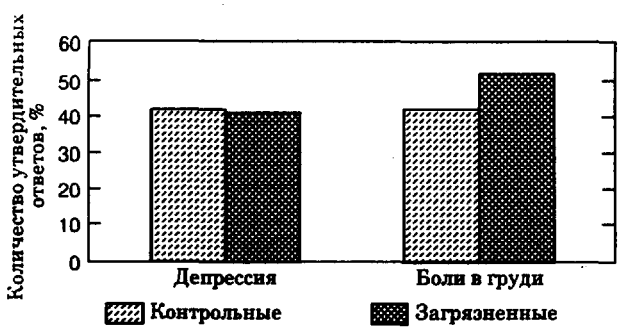


Рис. 45. Жалобы взрослого населения на депрессию ($p = 0,865$) и боли в груди ($p = 0,026$) в контрольных и загрязненных населенных пунктах. Последние два месяца

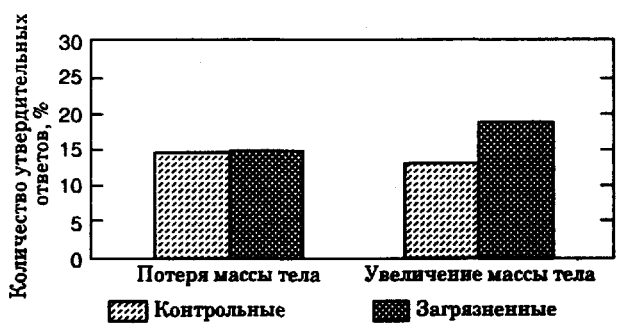


Рис. 43. Жалобы взрослого населения на уменьшение массы тела ($p = 0,934$) и на увеличение массы тела ($p = 0,088$) в контрольных и загрязненных населенных пунктах. Последние два месяца

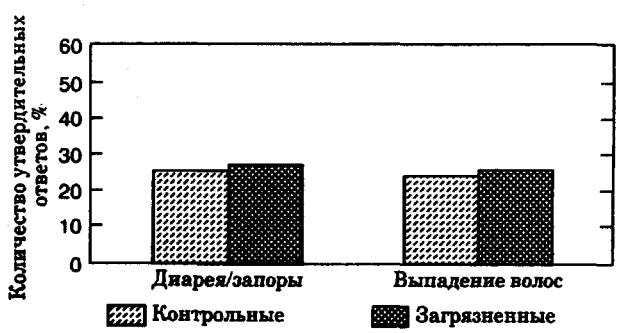


Рис. 46. Жалобы взрослого населения на диарею/запоры ($p = 0,709$) и выпадение волос ($p = 0,707$) в контрольных и загрязненных населенных пунктах. Последние два месяца

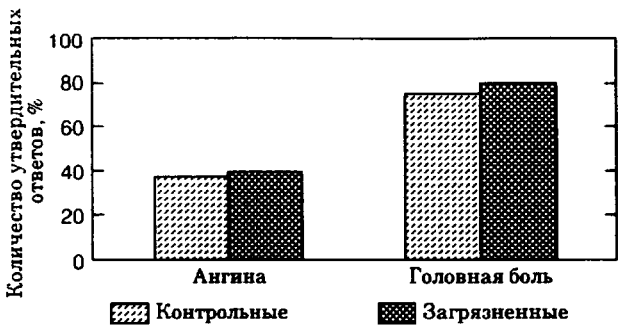


Рис. 47. Жалобы взрослых людей на ангину (p = 0,661) и головную боль (p = 0,225) в контрольных и загрязненных населенных пунктах. Последние два месяца

нием и регистрацией тех достаточно серьезных случаев, которые требовали нахождения обследуемого под наблюдением советского врача (или так считал сам обследуемый). Таким образом, эта статистика представляет собой данные, которые можно охарактеризовать как "серьезные" нарушения состояния здоровья.

В действительности количество отклонений несомненно выше, чем в результатах, представленных международными экспертами. Это объясняется двумя причинами. Во-первых, международные эксперты проводили общее физикальное обследование, которое не включало аудиометрии, обследования молочной железы, прямой кишки, влагалища и органов малого таза. Во-вторых, отклонения, которые можно обнаружить только с помощью других методик (таких, как диагностическая рентгенография и т. д.), международные эксперты обнаружить не могли.

Обнаруженные при обследовании экспертами случаи нарушения остроты зрения, требующие коррекции с помощью очков, не регистрировались как случаи с патологическими изменениями. Артериальная гипертензия регистрировалась как отдельное заболевание в разделе данного доклада (см. "Сердечно-сосудистая система").

Процент лиц из различных возрастных групп, с патологическими изменениями, обнаруженными только на основании физикального обследования, проведенного экспертами, показан на рис. 50.

Процент детей с патологическими изменениями представлен в табл. 44 и на рис. 48–52.

Процент взрослых людей с патологическими изменениями представлен в табл. 45 и на рис. 53–57.

3.5.4. Краткий обзор по вопросам общего состояния здоровья населения

Существует множество факторов, которые затрудняют сбор данных по общему состоянию здоровья населения после чернобыльской аварии. Было бы естественно предположить, что люди стали обращаться к врачам за консультациями после аварии, так как они могли считать, что облучение является причиной многих болезней. Врачи также должны были проводить осмотр больных более тщательно, чем прежде. Это привело к более частому обнаружению заболеваний и сообщению о них. Группам экспертов МАГАТЭ сообщили (и они это узнали на местах), что во многих загрязненных населенных пунктах существовала следующая проблема: трудно было пригласить на работу врачей и убедить их работать там. Текучесть медицинских кадров объясняет различия в полученных данных и используемых методах в зависимости от года.

Несмотря на эти проблемы, имеющиеся советские данные достаточно хорошо согласуются и не подтверждают заявлений о росте всех форм заболеваний, по крайней мере до конца 1988 года. Точность советских данных или их полноту оценить невозможно.

Группы экспертов, выехавшие на места с целью изучения последствий аварии для здоровья, проводили сравнение данных в одинаковых возрастных группах для людей, проживающих со времени аварии как в загрязненных, так и в относительно чистых районах. На основании только данных физикальных обследований и не учитывая артериальную гипертензию, эксперты обнаружили, что примерно у 3–5% детей и 10–20% взрослых людей имеются какие-либо нарушения здоровья, требующие лечения или постоянного медицинского наблюдения. Эти факты оправдывают озабоченность населения по поводу целого ряда проблем, связанных с состоянием здоровья. Фактически эти цифры, несомненно, выше, так как не были проведены некоторые важнейшие для диагностики исследования, например, электрокардиографическое исследование и скрининг биохимических показателей сыворотки крови. Не было обнаружено статистически значимого различия между контрольными и загрязненными населенными пунктами, за исключением функциональных изменений органов брюшной полости, которые встречались чаще у взрослого населения загрязненных населенных пунктов. Еще одна проблема, которую, правда, трудно определить количественно, состоит в том, что, по мнению врачей, гигиена полости рта находится на чрезвычайно низком уровне.

Таблица 44

Патологические изменения, обнаруженные у 860 обследованных детей, 473 из загрязненных и 387 из контрольных населенных пунктов

Патологические изменения	Загрязненные населенные пункты				Контрольные населенные пункты				Всего	
	Изменения		Без изменения		Изменения		Без изменения		Изменения	Без изменения
	Кол-во	%	Кол-во	%	Кол-во	%	Кол-во	%	Кол-во	Кол-во
Кожного покрова	9	2	462	98	6	2	381	98	15	843
Периферического пульса			473	100			387	100		860
Органа зрения	1	<1	472	>99	1	<1	386	>99	2	858
Органа слуха	2	<1	471	<99	1	<1	386	>99	3	857
Носоглотки	11	2	462	98	3	1	384	99	14	846
Нервной системы	2	<1	471	>99	3	1	384	99	5	855
Сердца	5	1	468	99	3	1	384	99	8	852
Легких	4	1	469	99	0	0	387	100	4	856
Органов брюшной полости	1	<1	472	>99	1	<1	386	>99	2	858
Почек	3	1	470	99	2	1	385	99	5	855

Таблица 45

Патологические изменения, обнаруженные у 501 взрослого человека, 265 из загрязненных и 236 из контрольных населенных пунктов

Патологические изменения	Загрязненные населенные пункты				Контрольные населенные пункты				Всего	
	Изменения		Без изменения		Изменения		Без изменения		Изменения	Без изменения
	Кол-во	%	Кол-во	%	Кол-во	%	Кол-во	%	Кол-во	Кол-во
Кожного покрова	10	4	255	98	4	2	232	98	14	487
Периферического пульса	1	<1	264	>99	0	0	236	100	1	500
Органа зрения[а]	4	2	261	98	1	1	235	99	5	496
Органа слуха[б]	1	<1	264	>99	0	0	236	100	1	500
Нервной системы	3	1	262	99	3	1	233	99	6	495
Носоглотки	4	2	261	98	0	0	236	100	4	497
Сердца	16	6	249	94	12	5	234	95	28	473
Легких	5	2	260	98	8	3	228	97	13	488
Органов брюшной полости[в]	16	6	249	94	4	2	232	98	20	481
Моче-половой системы	5	2	260	98	2	1	234	99	7	494
Суставов	1	<1	264	>99	1	<1	235	>99	2	499

[а] Исследование не включало определения остроты зрения. Выраженные катаракты и потеря зрения регистрировались, как патологические изменения.

[б] Исследование не включало аудиометрии.

[в] $p = 0{,}013$.

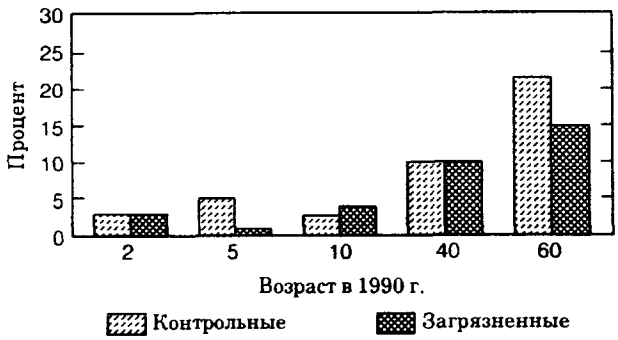


Рис. 48. Процент населения из различных возрастных групп, которому требовалось медицинское наблюдение, определенный на основании физикального исследования, проведенного в контрольных и загрязненных населенных пунктах. Артериальная гипертензия не включена

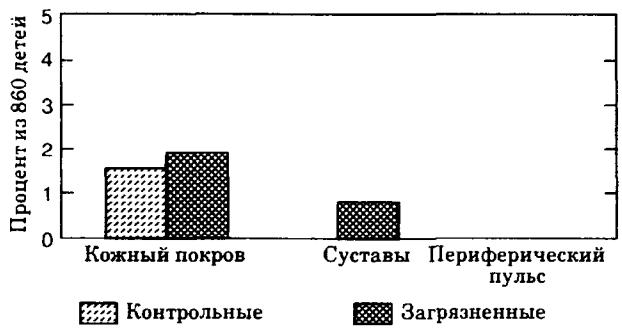


Рис. 49. Процент детей, которым требовалось медицинское наблюдение по поводу патологических изменений кожного покрова и суставов. p = статистически не значимо

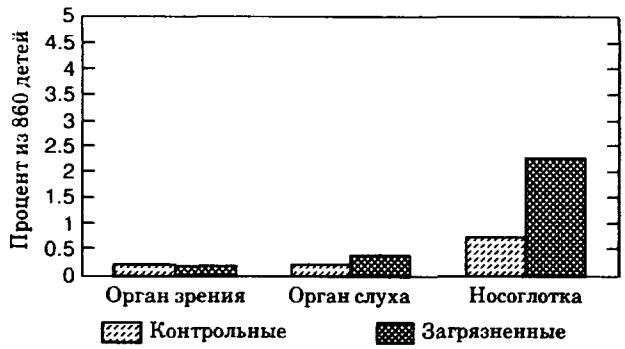


Рис. 50. Процент детей, которым требовалось медицинское наблюдение по поводу патологических изменений органа зрения, органа слуха и носоглотки. p = не значимо

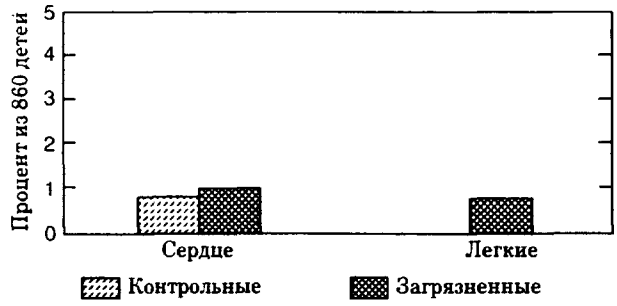


Рис. 51. Процент детей, которым требовалось медицинское наблюдение по поводу патологических изменений сердца и легких. p = статистически не значимо

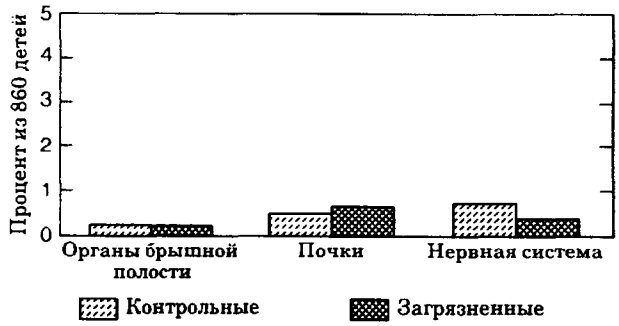


Рис. 52. Процент детей, которым требовалось медицинское наблюдение по поводу патологических изменений органов брюшной полости и почек, а также патологических изменений нервной системы. p = статистически не значимо

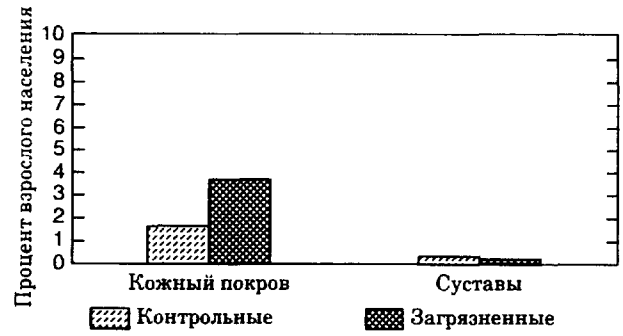


Рис. 53. Процент взрослых людей, которым требовалось медицинское наблюдение или которые находились под медицинским наблюдением по поводу заболеваний кожного покрова и суставов, в контрольных и загрязненных населенных пунктах. p = статистически не значимо

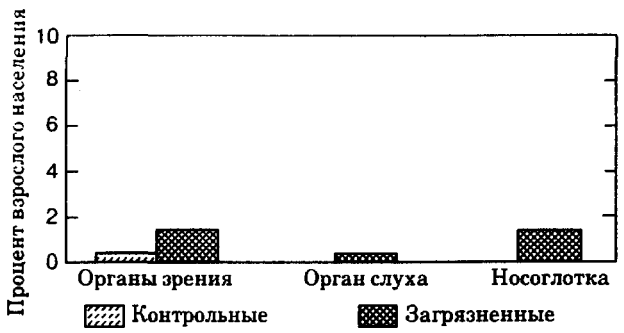


Рис. 54. Процент взрослых людей, которым требовалось медицинское наблюдение или которые находились под медицинским наблюдением по поводу заболеваний органа зрения, органа слуха и носоглотки, в контрольных и загрязненных населенных пунктах. p = статистически не значимо

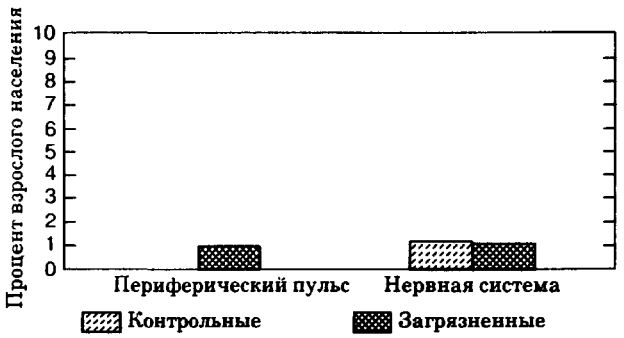


Рис. 55. Процент взрослых людей, которым требовалось медицинское наблюдение или которые находились под медицинским наблюдением по поводу патологических изменений периферического пульса или нарушений со стороны нервной системы, в контрольных и загрязненных населенных пунктах. p = статистически не значимо

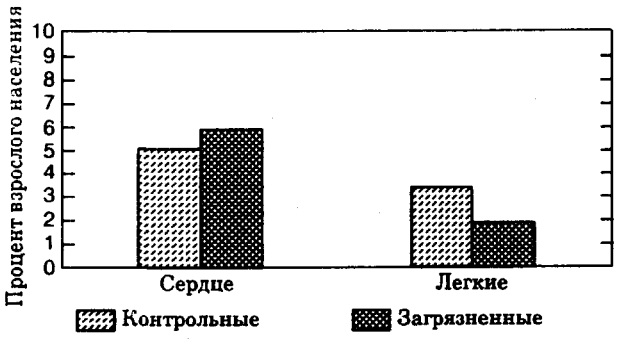


Рис. 56. Процент взрослых людей, которым требовалось медицинское наблюдение или которые находились под медицинским наблюдением по поводу патологических изменений сердца и легких, в контрольных и загрязненных населенных пунктах. p = статистически не значимо

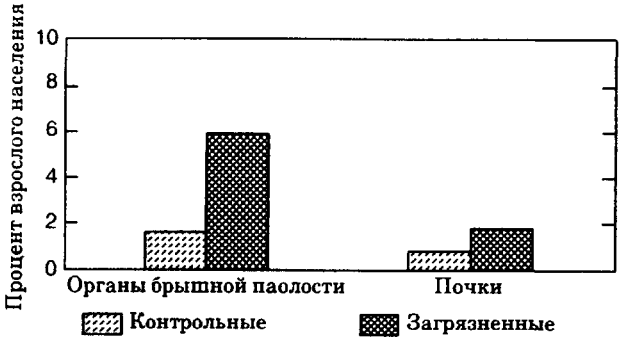


Рис. 57. Процент взрослых людей, которым требовалось медицинское наблюдение в контрольных и загрязненных населенных пунктах или которые находились под медицинским наблюдением по поводу патологических изменений органов брюшной полости ($p < 0,05$) или почек (p = статистически не значимо)

3.6. Психологические последствия аварии

3.6.1. Обоснование

Как отдельная категория воздействия на организм человека, психологические последствия аварии для здоровья могут иметь наибольшее значение в настоящее время. В результате чернобыльской аварии произошло радиоактивное загрязнение больших территорий СССР и других стран; эта авария затронула жизнь миллионов людей. Их реакция на эту аварию была неоднозначной, в зависимости от их понимания проблем и отношения к атомной энергетике, но все испытывали чувство отчаяния и беспокойства. В результате чернобыльской аварии эти реакции у людей сочетались с непосредственными опасениями из-за повышенных уровней радиоактивного загрязнения и его возможных последствий; у людей возникло пессимистическое, подавленное и настороженное отношение к будущему. Многие считают, что их болезни непосредственно связаны с облучением. Как это можно объяснить с учетом полученных в большинстве случаев отрицательных результатов изучения последствий облучения для здоровья?

К сожалению, несмотря на многочисленные и сложные научные оценки, люди постоянно испытывают чувство сомнения относительно объективности радиологических данных. И это неудивительно с точки зрения физического характера аварии, которая привела к загрязнению окружающей среды различными радионуклидами, каждый из которых имеет свой период полураспада и вызывает различные последствия для здоровья

в различных условиях окружающей среды. Кроме того, сами радиологические "данные" неоднозначны и исходят от различных групп "экспертов", каждая из которых вполне вероятно (и, возможно, напрасно) подвержена давлению определенных кругов.

С точки зрения психологии такое сильное ощущение неопределенности и двойственности в коренных вопросах жизни людей и их семей будут обязательно вызывать недовольство и стрессы.

В долгосрочной политической перспективе существует явное противоречие между двумя распространенными системами оценок, каждая из которых имеет свои положительные стороны. С одной стороны, это — абсолютный приоритет состояния здоровья человека и его благосостояния, с другой стороны — это учет реальных финансовых ресурсов.

3.6.1.1. Восприятие риска. Расширенный подход

Известно, что даже в случаях, когда характер опасности уже определен, ее восприятие населением существенно отличается от объективных оценок. Однако эти различия совсем не случайны. В исследованиях по восприятию риска обычно проводилось сравнение целого ряда распространенных опасностей в смысле субъективной оценки "их степени". Определяются те опасности, степень которых была переоценена или недооценена. Следующим шагом является выяснение восприятия людьми многих других аспектов риска, по которым опасности различаются между собой. Это позволило выделить определенные количественные показатели, которые, по-видимому, прочно связаны с восприятием "степени" опасности. Можно с уверенностью сказать, что это может вызвать спор по главному вопросу, т. е. что люди могут лишь на себе испытать ожидаемые бедствия, и поэтому эти опасения должны рассматриваться как реальность. Тем не менее важно сравнить воспринимаемый риск с известными (или представленными математически) данными; такие данные следует включить по причине их заметного влияния на формирование мнения людей.

Неоднократно указывалось, что искусственные источники излучения представляют в настоящее время одну из самых больших опасностей для человека, хотя, даже с учетом тяжелых последствий чернобыльской аварии, такую оценку нельзя объяснить только экстраполяцией количества летальных случаев в прошлом или вероятными оценками риска в будущем. В этом смысле имеется сходство с опасностями, которые представляют промышленные предприятия, такие, как химические заводы, печи для сжигания токсичных отходов, хранилища отходов, которые во всех странах являются источником серьезных опасений.

Наиболее важным аспектом, который, по-видимому, усиливает эти опасения, является высокая степень риска возникновения катастрофических последствий, которые, весьма возможно могут превысить низкую вероятность такой катастрофы. Другими важными факторами являются недостаток знаний о радиации, ее практически невидимое действие и связь облучения с наиболее тяжелым и распространенным заболеванием человека — раком. У людей эти факторы ассоциируются с ощущением беспомощности, так как они не видят никаких возможностей личного контроля опасности. В случае радиоактивного облучения необходимо также помнить, что настроения людей формировались постепенно, начиная с осознания смертельной угрозы атомной бомбы.

Факторы риска, которые в настоящее время анализируются в районах, загрязненных в результате чернобыльской аварии, отражают все эти аспекты в полном объеме. В отличие от других стран речь идет не просто о минимальной статистической вероятности ядерного события — произошла авария с вероятностью 1×10^{-6}, и люди полностью потеряли доверие к технике и веру в своих руководителей.

Другим результатом исследования восприятия риска является так называемая "эвристика вероятности". В соответствии с этой теорией, настоящие, недавние или иные яркие впечатления от одной аварии приводят к завышению оценки вероятности подобных аварий в будущем. Большинство людей получают такие впечатления из печати или по телевидению, в связи с чем в адрес средств массовой информации высказывается много критики за роль, которую они якобы играют в раздувании проблемы "вероятности". Несомненно, можно провести корреляцию между воспринимаемым риском и его степенью, описываемой в средствах массовой информации. Однако наличие прямой причинной связи представляется маловероятным, и имеются конкретные случаи (например, радоновое излучение в жилом доме), когда данные в средствах массовой информации не вызывают опасений людей, и, следовательно, переключаются на что-то другое. Последние исследования подтверждают теорию "усиления", когда только виды опасности, вызывающие "сильное общественное беспокойство", первоначально подаются в драматическом изложении; сообщения прессы и телевиде-

ния нагнетают беспокойство населения, которое затем через средства массовой информации создает новый виток спирали.

Вполне очевидно, что некоторые местные политические руководители в СССР имеют причины для выражения озабоченности своих избирателей в такой же преувеличенной или драматической форме, поэтому обсуждения политических вопросов проходят в очень накаленной обстановке, когда каждый новый оратор придает им все большее и большее значение.

3.6.1.2. Психологические последствия аварий. Предыдущие исследования

Во всем мире исследование последствий аварий было начато не вчера, однако большинство предшествующих исследований касалось систем материально-технического обеспечения, например, средств связи, службы спасения, последствий переселения и эффективности систем оповещения.

Только в последние 15 лет серьезное внимание стало уделяться влиянию крупных аварий на психологию и состояние психики людей. Проведенный в 1981 году анализ 233-х имеющихся публикаций по природным бедствиям [75] показал, что только две работы касались, в основном, вопросов психологических последствий. До этого, в 70-х годах, существовали противоречивые точки зрения — некоторые авторы утверждали, что имелись минимальные или временные последствия (или даже эффекты "морального стимулирования"), в то время как другие представляли четкие доказательства отрицательных последствий таких крупных природных катастроф, как наводнение в Буффало Крик, для здоровья людей [76].

Однако, Американская ассоциация психиатров в своем авторитетном издании "Диагностическое и статистическое описание психических расстройств", 3-е изд.(1980), формально признала возможное воздействие природных бедствий на состояние здоровья, введя в классификацию понятие "пост-травматический стресс".

К настоящему времени проведено много исследований случаев стрессовых состояний, которые почти полностью заменили ранее предпринимавшиеся попытки выяснить прямые последствия "психического заболевания". Хотя стресс имеет ряд соматических симптомов, обусловленных реакциями нейроэндокринной системы, он зависит, главным образом, от того, как стрессовый фактор воспринимается человеком и от его/ее оценки собственных и внешних ресурсов для контроля ситуации. Последним достижением в этой области стало предоставление врачебных консультаций службами социального обеспечения и добровольными организациями лицам, пострадавшим в результате крупных аварий, и членам их семей.

Существенное различие в физических и психологических возможностях людей, а также разное понимание ими различных аварийных событий неизбежно способствуют тому, что острый или продолжительный стресс ведет к многочисленным последствиям. Ученые относят к таким последствиям обеспокоенность, напряженность, депрессию, психосоматическое заболевание, мысли о самоубийстве или попытки его совершить, супружеские или семейные ссоры, разводы, употребление большего количества спиртных напитков или алкоголизм, злоупотребление приемом назначенных или неназначенных лекарственных средств, повышенную восприимчивость к заболеваниям, агрессивность, ожесточенность, грубость в семье и общие проблемы во взаимоотношениях людей [77]. В этом случае следует говорить о "приобретенной беспомощности" [78]. Длительное ощущение невозможности контролировать экологическую обстановку и/или также добиться успеха в жизни приводят к состоянию постоянной апатии.

Научная общественность все больше приходит к консенсусу относительно существования "познавательной, примирительной" модели стресса, автором которой является Лазарус [79].

По данным Кокса [80], человек постоянно оценивает четыре аспекта своего взаимодействия с окружающей средой и постоянно пытается поддерживать равновесие между ними. К ним относятся: (а) обязательные требования, (б) реализуемые возможности (знания, мировоззрение, профессиональные навыки); (в) ограничения по реализации возможностей и (г) возможность поддержки со стороны. Международные эксперты считают целесообразным добавить еще пункт (д) оценка серьезности угрозы или ее влияние на цели или потребности человека.

Стратегия преодоления опасности включает в себя непосредственные действия, поиск информации, вспомогательную деятельность (например, употребление алкоголя, курение, использование лекарственных препаратов).

Из сказанного следует, что не все экологические катастрофы будут во всех случаях иметь неблагоприятные последствия для здоровья. В своих тщательных и обширных исследованиях по взаимосвязи между стрессовыми "жизненными ситуациями" и психиатрической симптоматикой Браун и Харрис [81] показали необходимость отличать "исключительное" событие от "необычного". Они утверждают, что "исключи-

тельное'' событие ''может лишить нас чувства реальности''. Оно вторгается в область ''гипотетического мира'' человека и подрывает его сформировавшиеся взгляды на вопросы доверия и предсказуемости будущего, вынуждая его делать полную переоценку.

Это можно проиллюстрировать словами одной матери из населенного пункта Злынка, которая на встрече с представителями Международного консультативного комитета сказала следующие слова:

''Я много читала о бомбардировках Нагасаки и Хиросимы; это напоминало научную фантастику. Сейчас мы живем в этом кошмаре четыре года. Часто по ночам я смотрю на своих детей и с тревогой думаю о том, как я смогу ''их вырастить'' и когда же закончится весь этот кошмар?''

Хотя авария на Тримайл Айленд не была большой катастрофой, можно провести наиболее близкие параллели между ней и чернобыльской аварией. В обоих случаях был острый период сложной обстановки, когда испытывалось чувство страха, эмоционального напряжения и деморализации. При аварии на Тримайл Айленд у многих это вызвало значительную обеспокоенность в связи с тем, что первоначальный выброс мог послужить причиной развития рака или генетических последствий и что в будущем возможны повторные выбросы радиоактивного газа и радиоактивной воды АЭС. В Чернобыле обеспокоенность относительно будущих выбросов или аналогичных аварий на соседних реакторных установках той же конструкции была несравнимо большей и более продолжительной по времени. Однако значительно чаще люди испытывают явную обеспокоенность уровнями загрязнения окружающей среды цезием и смутный страх от возможного присутствия радионуклидов, о которых говорится меньше, в частности, плутония и стронция. Существует полная неопределенность относительно долгосрочных последствий для здоровья облучения в больших дозах, полученных в первые недели после аварии. Независимо от фактов (которые сами по себе неоднозначны), следует еще раз подчеркнуть: люди *считают* правдивым лишь то, что формирует их возможую реакцию на стресс.

В наиболее известном исследовании последствий аварии на Тримайл Айленд [82] исследователи столкнулись с той же методологической проблемой, что и в случае чернобыльской аварии, т. е. отсутствием данных, полученных до аварии. Поэтому проводились сравнения данных для жителей Тримайл Айленда с данными, полученными для жителей, проживающих рядом с нормально работающей АЭС, для жителей, проживающих рядом с электростанцией, работающей на угле, и для жителей 30-км зоны контроля вокруг любой энергетической установки. В результате такого исследования ученые пришли к твердому выводу о том, что сам факт проживания вблизи нормально работающей станции уже вызывает стресс. Было проведено два теста для исследования поведения людей — на концентрацию внимания и мотивацию поступков, а также использовались перечень симптомов для проверки состояния здоровья, шкала депрессий Бека и анкета общего опроса.

Кроме того, постоянно определялась активность симпатической нервной системы с помощью биохимического анализа уровней катехоламинов в анализах мочи.

Результаты всех проведенных исследований свидетельствовали о наличии существенных последствий стресса, которые прослеживались в течение 17 месяцев.

Наконец, в параллельном исследовании [83] ''моделей преодоления стресса'', которая непосредственно связана с чернобыльской аварией, было установлено, что в результате постоянного стресса и невозможности прямого контроля за его источником, т. е. за аварийным реактором, наиболее эффективной моделью преодоления стресса является управление эмоциями, личная оценка ''значения происходящего''. (Модели ''анализа проблемы'' или попытки непосредственного контроля за источником стресса не облегчали психологическое состояние людей.) ''Управление эмоциями'' является формой преодоления стресса, которая эффективна при наличии консультаций, однако большинству людей эта возможность будет предоставляться редко, поэтому социальная терапия должна представляться в форме советов и рекомендаций врачей, учителей и работников сферы социального обеспечения, а также непосредственно через средства массовой информации.

При таком подходе возникает важная этическая дилемма. В двух словах, она заключается в том, что если фактор стресса является реальной угрозой, то нечестно говорить или делать вид, что чувство обеспокоенности, появляющееся в ответ на эту угрозу, является чем-то ненормальным.

Сказанное можно пояснить на примере использования в СССР учеными и специалистами термина ''радиофобия'', хотя перевод этого термина и не передает его полного значения. В ходе оживленного обмена мнениями на семинаре ученых в МАГАТЭ в 1988 году [84, 85] утверждалось, что использование этого диагностического термина для диагностики, во всяком случае в Западной Европе и в США, включает в себя реак-

цию страха на явление, которое обычно рассматривается как абсолютно безопасное. Лишь отдельные люди отнесут чернобыльскую аварию к этой категории, поскольку эта авария вызвала в СССР и во многих странах, расположенных далеко от этого места, повышенное восприятие риска.

Есть надежда, что в результате настоящей работы будет дана точная оценка имеющейся угрозы и сделан прогноз на будущее, что позволит правильно оценить любое преувеличение ответной реакции отдельных лиц и общества. И только после этого можно эффективно планировать и осуществлять кампанию по представлению медицинских рекомендаций по преодолению стресса.

3.6.1.3. Проблемы методологии изучения посттравматических стрессовых ситуаций

Те, кто ставит под сомнение реальность последствий стресса, могут не без некоторых оснований привести довод, что большая часть данных по "посттравматическим последствиям стресса" поступила от самих людей и во многих случаях включает качественные оценки. Возможно, в частности для чернобыльской аварии, где на карту поставлено многое, симптомы могут преувеличиваться с целью подтвердить ожидаемые отрицательные эффекты или намеренно добиться сочувствия или получить компенсацию за испытанные несчастья.

Этот довод можно применить к результатам анализа поведения людей (Баум и др. [82]), но он не может распространяться на биохимические анализы. Однако имеется другая работа, в которой подробно исследуются эти вопросы. Адамс и Адамс [77] изучали последствия стресса, связанного с природным бедствием, — извержением вулкана в Маунт Сейнт-Хелене, штат Вашингтон, США, в 1980 году. Тогда создалась серьезная опасность для города Отелло (население 5 тыс. человек), и в течение года люди опасались повторного извержения вулкана, а в течение более года на город выпадал толстый слой пепла. Эти исследователи полностью полагались на данные о *поведении* людей, т. е. на документы местных органов власти, и провели прямое сравнение данных за семь месяцев после катастрофы с данными за семь месяцев до катастрофы. Были обнаружены существенные различия в использовании телефонной "службы доверия", в расписании приема пациентов в клинике психического здоровья, пунктах неотложной медицинской помощи, в характере дел районных судов, полицейских протоколов о случаях насилия, общего количества "отчетных форм" полиции и количестве лиц, обслуженных в местном винном магазине.

3.6.1.4. Сравнение условий технических аварий (типа чернобыльской) и стихийных бедствий

В смысле последствий для человека технические аварии отличаются от стихийных бедствий по нескольким важным характеристикам. При таких авариях наблюдается значительная потеря предполагаемого контроля над ситуацией. Это — полный провал, несмотря на заверения политиков и экспертов. Последствия таких аварий существенно отличаются от последствий, например, наводнений, землетрясений и извержений вулканов, т. е. бедствий, при которых контроль невозможен, и никто его не ожидает. В случаях стихийных бедствий отсутствуют факторы человеческих ошибок и объекты для критики. Как это ни парадоксально, хотя управление стихийным бедствием и невозможно, его часто можно до некоторой степени прогнозировать — они не "появляются неожиданно и неизвестно откуда". Их действие очевидно и для пострадавших людей, и для тех, кто им сочувствует и может предоставить помощь. Последствия этих бедствий относительно легко поддаются оценке экспертов, а планы их ликвидации могут широко обсуждаться с полным их пониманием общественностью.

Еще более важным обстоятельством является то, что большинство стихийных бедствий имеют последствия, при которых, как бы серьезны они не были, ситуация постоянно и зачастую очень быстро улучшается. Наихудшей особенностью чернобыльской аварии, которая не в такой степени проявилась при аварии на Тримайл Айленд и "Лав Кэнэл", является присутствие невидимой угрозы и постоянный страх неизбежного развития рака и генетических последствий в будущем. Этот страх мог даже усилиться за прошедшие пять лет — пока не видно определенных признаков того, что он пошел на убыль.

3.6.2. Обзор советских данных

3.6.2.1. БССР

Нет никаких данных.

3.6.2.2. УССР

В Брагине врачи считают, что увеличилось количество случаев инсульта и стрессовых состояний, однако роста числа самоубийств не отмечается.

Д-р Нягу из отделения психоневрологии ВНЦРМ в Киеве изучала проблему стресса в трех группах. Ее данные основаны на анкетах, заполненных 5 тыс. пациентами, которые приходили в ВНЦРМ (в основном не с жалобами на стресс). Поэтому такую выборку нельзя считать представительной. Она сообщила о наличии "психовегетативной недостаточности" и "вегетативно-сосудистой дистонии" у 30% ликвидаторов, а также о наличии невротических реакций и пониженного либидо приблизительно у такого же процента обследованных лиц.

Психоневрологи из киевской группы отметили, что чувство обеспокоенности имеется у 80% обследованных людей, в то время как обычный уровень обспокоенности у людей, не подвергшихся облучению, составляет 40–50%. Они указали, что нарушения также выражены в виде таких отклонений в поведении, как агрессивность, повышение уровней курения и употребления алкоголя. Они считают, что в районах радиоактивного загрязнения у многих матерей развился невроз и что у трети пациентов наблюдаются психосоматические реакции, свидетельствующие о наличии "вегетативно-сосудистой дистонии".

Группа экспертов разговаривала с двумя врачами, которые участвовали в работе конференции ВОЗ по психологическим эффектам чернобыльской аварии в конце мая 1990 г. в Киеве. Группа участников конференции побывала в Коростени, т. е. в том месте, где, согласно предположениям, преобладала "радиофобия". Все пришли к единому мнению, что люди, с которыми велись разговоры на улице, были обеспокоены проблемой облучения, но у них не отмечалось навязчивого страха. Видимо, много людей покинуло город, несмотря на то, что уровни радиоактивного загрязнения цезием-137 в городе составляют всего 1–5 Ки/км^2 (37–185 кБк/м^2).

3.6.2.3. РСФСР

В населенном пункте Корма, по оценкам местных врачей, уровень психических нарушений увеличился на 39%. В населенном пункте Новозыбков родителей волновал вопрос безопасности их детей в долгосрочном плане. Родители выразили свое недоверие ученым и официальным руководителям всех уровней. В населенном пункте Злынка многие женщины говорили, что они испытывали отрицательные эмоции, волнуясь не за себя, а за будущее своих детей; кроме того, обеспокоенность вызывал тот факт, что данные, которые приводят средства массовой информации, носят противоречивый характер — от заявлений о том, что нет никакой серьезной пробле-

Таблица 46

Распространенность алкоголизма и алкогольного психоза в БССР, РСФСР и УССР на 100 000 населения

Регион	1985		1986		1987		1988	
	Впервые выявленные случаи	Общая частота	Впервые выявленные случаи	Общая частота	Впервые выявленные случаи	Общая частота	Впервые выявленные случаи	Общая частота
Гомельская	256	1857	224	1947	236	2031	182	1935
Могилевская	374	2163	311	2254	212	2241	157	2107
БССР							**142**	**1756**
Брянская	227	1505	345	1712	311	1828	244	1906
РСФСР							**198**	**1998**
Киевская	195	2108	202	1917	190	1835	165	1606
Житомирская	254	1816	262	1828	213	1797	169	1699
УССР							**147**	**1609**

мы, до сравнения чернобыльской аварии с Хиросимой и Нагасаки. Такая противоречивая информация вызывает у жителей серьезную обеспокоенность, особенно когда она сочетается с недоверием к местным органам власти и союзному правительству.

В какой-то степени показателем степени стресса могут являться официальные данные по распространенности алкоголизма и алкогольного психоза (табл. 46). Такие данные имеются в Министерстве здравоохранения по пяти загрязненным районам СССР за 1985–88 гг. Эти данные приводятся здесь с учетом того обстоятельства, что сообщения людей и официальные документы в таких случаях, как правило, несовершенны. Однако можно установить определенные тенденции, если методология регистрации данных не изменилась за этот период времени.

3.6.3. Результаты работы выездных групп

3.6.3.1. Качественные оценки работы выездных групп

С учетом масштаба и особенности чернобыльской аварии важно было оценить отношение различных групп населения к облучению и методам, используемым для ликвидации этой опасности, а также провести возможные оценки стресса у людей. Цель группы международных экспертов, выполняющей задачу 4, состояла в том, чтобы выяснить некоторые из этих проблем, однако при окончательном анализе стало ясно, что психологические последствия аварии выходят за географические пределы районов, в которых удалось провести обследование населения во время работы миссий 8–10.

К сожалению, в таких областях советской медицины, как психические и неврологические заболевания, подход и классификация заболеваний отличаются от принятых в медицинской практике в Японии, Западной Европе и Америке. Это затрудняет проведение сравнительных оценок предыдущих и новых данных. Например, термины "вегетативная дистония", и "вегето-сосудистые нарушения" и "вегетативно-сосудистая дистония" редко используются в других странах.По мнению группы международных экспертов, нарушения со стороны автономной нервной системы или вегетативные нарушения проявляются в виде таких симптомов как тревога, нервозность, потливость, головные боли, боль в грудной клетке, нарушение сна, болезненность верхних и нижних конечностей и отклонения показателей уровня кровяного давления. Короче говоря, в СССР усилия в медицине, начиная с времен Павлова, традиционно направлены на классификацию всех психопатологических проявлений на уровне физиологических и неврологических структур, в то время как в медицинской практике в других странах стремятся классифицировать симптомы на эмпирико-прагматической основе.

Работа в рамках Проекта предоставила возможность обследовать значительное число проживающих в сельской местности детей и взрослых людей, которые проживали в населенных пунктах с различными уровнями загрязнения. В основном последствия стресса для отдельных лиц и общественная напряженность, которые наблюдали международные эксперты, были связаны со вторичными последствиями аварии. Миграция населения из одного населенного пункта в другой или переселение в новые построенные населенные пункты или даже в другие республики СССР, вносит свой вклад в ухудшение самочувствия людей. Исследования показали, что переселение само по себе представляет серьезный стресс, особенно для пожилых, престарелых и долго проживавших в одном месте людей. Нарушаются отношения и социальные связи; часто присутствует чувство "утраты потерянного жилища" [86].

Угроза изменения образа жизни особенно тяжело переносится теми людьми, которые привыкли не принимать решения о том, где должна проживать семья или какую работу они должны выполнять. В тех случаях, когда работа в основном связана с сельским хозяйством, ее сезонный и ежедневный характер определяют уклад жизни отдельных людей и всего местного населения. Если неожиданно вводится запрет на ведение сельскохозяйственных работ, то этот уклад жизни теряет свой смысл. Рызрыв местных организационных структур происходил также в результате вмешательства со стороны вышестоящих правительственных кругов. Недостаток продовольствия и отсутствие промышленных товаров, которые определены политическими решениями, принятыми за сотни и тысячи километров, оказывают свое влияние. Отсутствие продуктов и товаров уже само по себе является стрессом. Жители загрязненных населенных пунктов считают, что их тяжелое положение не учитывается или не признается союзным руководством, и поэтому не вызывает удивления высокий уровень обеспокоенности и депрессий среди населения.

Глубокое недовольство, которое мы наблюдали, не всегда было связано с последствиями аварии. Серьезную обеспокоенность вызывало

экономическое благосостояние каждого населенного пункта в контексте существенных политических изменений, происходящих в этих республиках и во всем Советском Союзе. Часто казалось, что они играют важную роль, такую же или даже большую, чем сама чернобыльская авария.

Более того, в результате многочисленных встреч, организованных в населенных пунктах Международным консультативным комитетом, стало совершенно очевидно, что влияние аварии и происходящих политических изменений имеют сходное действие. Ряд политических деятелей рассматривает эту аварию как проблему, вокруг которой можно сформировать общественное мнение и выразить протест. В частности, каждый кандидат, который дает обещание активно защищать интересы населения в вышестоящих бюрократических органах и улучшить обеспечение продовольствием, медицинское обслуживание, добиться компенсации или отселения, старается получить таким образом поддержку местных жителей. Это может быть также связано с искренней уверенностью жителей в том, что сообщения средств массовой информации о различных последствиях аварии для здоровья полностью оправданы.

Одежда большинства людей, с которыми встречались международные эксперты, была опрятной и практичной. Большинство людей, с которыми встречались эксперты, по-видимому, старались как можно лучше одеться на эти встречи. Многие были вежливы, но сначала подозрительно относились к иностранцам. Они быстро становились дружелюбными и оказывали помощь, когда узнали, что группа состояла из экспертов-врачей. В большинство населенных пунктов до чернобыльской аварии приезжало очень мало посторонних людей, и многие контрольные населенные пункты все еще находились в таком же положении относительной изоляции до приезда международных экспертов.

Было очевидно, что решения о возможности отселения были основной причиной стресса в загрязненных населенных пунктах. Отмечено также явное желание со стороны части родителей улучшить свои условия жизни и создать своим детям благоприятные условия для жизни и учебы, которых у них не было в населенных пунктах их проживания. Многие родители в загрязненных населенных пунктах не имели всех данных, на основании которых принимается решение об отселении. Принятие решений в значительной степени затруднялось пожеланиями престарелых членов больших семей остаться на месте проживания в привычной для них обстановке. Интересно, что даже некоторые жители в контрольных населенных пунктах хотели переселиться. В некоторых случаях причина этого заключалась в том, что люди подозревали, что их населенный пункт загрязнен; в других случаях, когда людям было известно, что их населенный пункт не был загрязнен, они опасались возможности новой аварии на Чернобыльской АЭС.

Родителей больше волновало благополучие детей, чем их собственное. У них отмечалась обеспокоенность из-за отсутствия точной информации по прошлым дозам, по дозам в момент обследования и по ожидаемым в будущем дозам облучения. В большинстве случаев люди не понимали, что существуют различные радионуклиды и связанные с ними различные уровни риска. Программы "летнего оздоровления", согласно которым детей вывозят в другие районы, приводят родителей в замешательство. Они не понимали, зачем детей возвращать в загрязненный район, после того как они были перевезены в другое место с целью снижения содержания в организме цезия-137.

Дети хорошо себя вели, у них не наблюдались признаки недоедания, они не очень боялись врачей, которые их обследовали. Конечно, дети плакали, когда у них брали анализ крови. У детей более старшего возраста, как правило, имелось меньше симптомов, чем указывали их родители. Родители в целом оказывали группе экспертов содействие и помощь и были рады получить сразу любой результат обследования, который могли им предоставить международные эксперты. В некоторых случаях они с сожалением воспринимали отрицательные результаты, но после ознакомления с ними они, казалось, были сначала удивлены, даже разочарованы, но затем постепенно успокаивались.

В больницах дети были общительными и разговорчивыми. Им давали цветные карандаши и бумагу, чтобы занять их в промежутках между обследованиями. Международные эксперты проанализировали более 100 детских рисунков. По своему содержанию, характеру или цветовой гамме ни один из них не был мрачным; в их содержании не было темы смерти, черных туч и дождя или чудовищ. На большинстве из них сияло солнце, дома стояли с открытыми дверями и окнами; в полях паслись маленькие животные и играли дети. На рисунках животные и люди преднамеренно не искажались.

3.6.3.2. Пункты в анкете о состоянии здоровья населения, относящиеся к настроению населения и стрессу

В анкете, которую использовали международные эксперты, содержался ряд вопросов о наст-

Таблица 47

Образовательный ценз

Образовательный ценз (в годах)	Загрязненные районы		Контрольные районы		Всего
	Кол-во	Процент	Кол-во	Процент	
2–4	34	13	36	15	70
5–9	80	31	75	32	155
10	129	49	101	43	230
>11	19	7	22	9	41
Всего	262	100	234	100	496

p = 0,518.

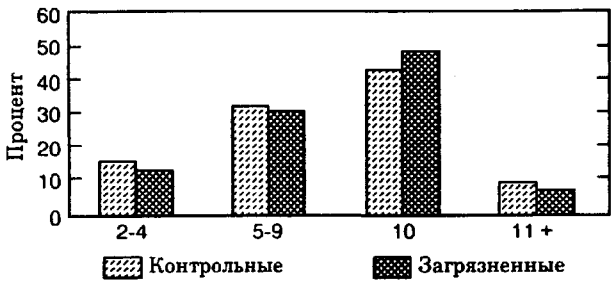


Рис. 58. Образовательный ценз у взрослых людей, проживающих в контрольных (n = 234) и загрязенных (n = 262) населенных пунктах. p = 0,518

роении людей и некоторых других параметрах, которые могли бы указывать на вторичные последствия аварии или посттравматические стрессовые эффекты. На многие вопросы ответы были даны родителями детей, и часто было совершенно неясно, отражают ли ответы отношение ребенка или его родителей. По этой причине анализ ограничивался ответом на вопросы в анкетах, заполненных взрослыми о себе до обследования (т. е. только по группам 4 и 5, лица 1950 и 1930 годов рождения, соответственно). Поэтому обследование является неполным в том смысле, что оно отражает настроение контингента населения, представленного выборкой из одинакового количества представителей этих двух групп.

Важно было охарактеризовать группы, которые дали ответы на вопросы относительно своего отношения и психологического состояния, чтобы удостовериться в том, что нет существенных различий, которые могли бы осложнить анализ. Образовательный уровень обследованных лиц был одним из таких параметров. Результаты

Таблица 48

Ответ на вопрос анкеты: Каков численный состав Вашей семьи?

Количество лиц	Загрязненные районы		Контрольные районы		Всего
	Кол-во	Процент	Кол-во	Процент	
1	24	9	16	7	40
2	93	36	75	32	168
3	56	21	47	20	103
4	61	23	56	24	117
5–8	28	11	41	17	69
Всего	262	100	235	100	497

p = 0,237.

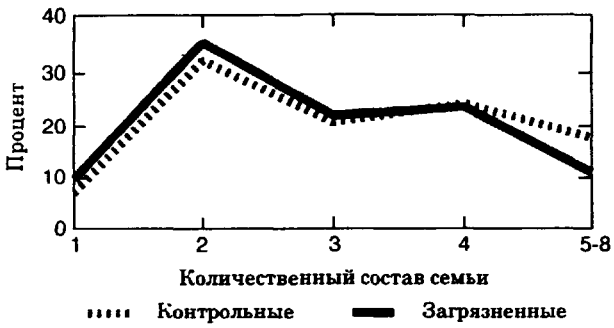


Рис. 59. Количественный состав семей в контрольных (n = 235) и загрязенных (n = 262) населенных пунктах. p = 0,237

сравнения данных, полученных в выборках из загрязненных и незагрязненных районов, представлены в табл. 47 и на рис. 58.

Другой исследовательский параметр — это количество лиц, проживающих в семье совместно с лицом, отвечавшим на вопросы анкеты. Этот параметр необходим для получения информации о рационе питания, а также для оценки размера семей в районах, которые рассматриваются как потенциально опасные или неопасные.

Из данных табл. 48 и рис. 59 видно, что в загрязненных районах больше небольших семей и меньше больших. Можно рассуждать о том, объясняется ли это выборочной миграцией или эвакуацией, но в любом случае тенденция выражена слабо и вряд ли будет осложнять сравнение других переменных величин.

К другим параметрам, позволявшим провести сравнение, относились следующие: — проживали ли люди в населенном пункте непосредственно после аварии и проживают ли они там по сей день. Результаты, полученные по первому вопросу (табл. 49), свидетельствуют о сходстве показателей в обеих обследуемых группах. Данные по второму вопросу (табл. 50) показывают, что за четыре года после аварии миграции людей в двух группах населенных пунктов почти не было. К сожалению, невозможно подсчитать миграцию из районов. Особенность этих населенных пунктов такова, что они изолированы и удалены от городов, уклад жизни людей размерен, а сами они консервативны в своих взглядах.

Эти сравнительные данные необходимо дополнить тем, что по возрасту (и, возможно, полу) они точно совпадали в обследуемых груп-

Таблица 49

Ответ на вопрос анкеты: Находились ли Вы в данном населенном пункте в течение первого месяца после аварии?

Ответ	Загрязненные районы		Контрольные районы		Всего
	Кол-во	Процент	Кол-во	Процент	
Да	254	96	230	98	484
Нет	10	4	5	2	15
ВСего	264	100	235	100	499

p = 0,411.

Таблица 50

Ответ на вопрос анкеты: Проживали ли Вы в данном населенном пункте с момента аварии?

Ответ	Загрязненные районы		Контрольные районы		Всего
	Кол-во	Процент	Кол-во	Процент	
Да	262	>99	234	98	496
Нет	1	<1	2	2	3
Всего	263	100	236	100	499

p = 0,605.

Таблица 51

Ответ на вопрос анкеты: Хотели бы Вы переселиться из населенного пункта, в котором проживаете?

Ответ	Загрязненные районы		Контрольные районы		Всего
	Кол-во	Процент	Кол-во	Процент	
Да	188	72	18	8	206
Нет	52	20	195	83	247
Не знаю	22	8	21	9	43
Всего	262	100	234	100	496

$p = 0{,}000$.

Таблица 52

Ответ на вопрос анкеты: Правительство должно отселить всех людей, проживающих в данном населенном пункте?

Ответ	Загрязненные районы		Контрольные районы		Всего
	Кол-во	Процент	Кол-во	Процент	
Согласен	220	83	48	20	268
Не уверен	34	13	113	48	147
Не согласен	10	4	75	32	85
Всего	264	100	236	100	500

$p = 0{,}000$.

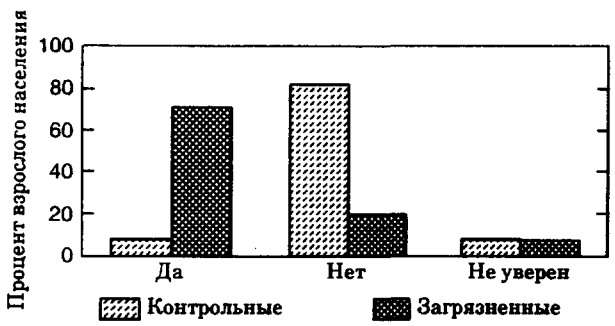


Рис. 60. Мнения взрослых людей относительно их желания отселиться из контрольных или загрязненных населенных пунктов ($n = 496$, $p < 0{,}05$). Был задан следующий вопрос: "Хотите ли вы отселиться из данного населенного пункта?"

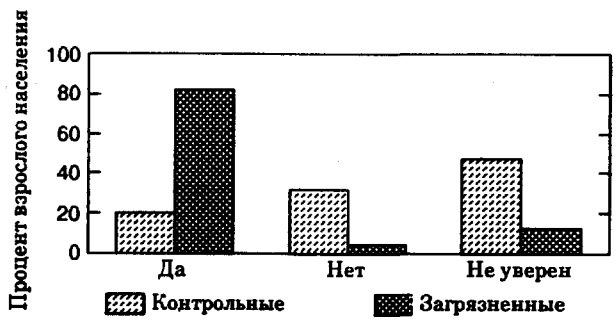


Рис. 61. Мнения взрослых людей по вопросу, должно ли их отселить правительство ($n = 500$, $p = 0{,}001$). Был задан вопрос: "Должно ли правительство отселить всех людей, проживающих в данном населенном пункте?"

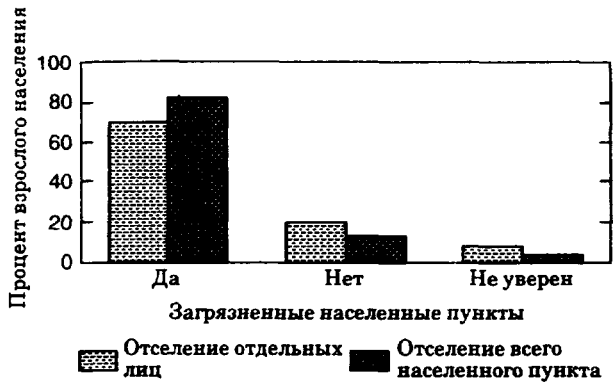


Рис. 62. Сравнение пожеланий относительно переселения людей индивидуально или коллективно

пах, поскольку был использован соответствующий метод их отбора.

В целом, между двумя группами нет заметных различий, за исключением, конечно, одного исследуемого фактора — уровня загрязнения.

3.6.3.3. Данные по лицам, желающим эвакуироваться

В анкете имелось два вопроса о переселении из одних населенных пунктов в другие. В первом вопросе спрашивалось, хочет ли само лицо, отвечающее на вопросы анкеты, быть отселенным в другой населенный пункт. Результаты опроса представлены в табл. 51. Во втором вопросе спрашивалось, должно ли правительство переселить "всех лиц", проживающих в данном населенном пункте. Результаты опроса представлены в табл. 52.

Как и следовало ожидать, основные и существенные различия в желании людей переселиться зависели от того, где они проживали — в контрольном или заведомо загрязненном населенном пункте. Интересно, что около 20% лиц, проживавших в загрязненных населенных пунктах, выразили желание остаться в своих "загрязненных населенных пунктах" или считали их "чистыми". Желание, чтобы правительство переселило всех лиц, было сильнее, чем желание

Таблица 53

Ответ на вопрос анкеты: Какова у Вас средняя продолжительность (в часах) ночного сна?

Количество часов	Загрязненные районы		Контрольные районы		Всего
	Кол-во	Процент	Кол-во	Процент	
2-5	38	14	31	13	69
6-8	212	80	198	84	410
9-12	14	6	7	3	21
Всего	264	100	236	100	500

p = 0,375.

Таблица 54

Ответ на вопрос анкеты: Чувствуете ли Вы себя иногда настолько усталым, что утром не можете встать с постели?

Ответ	Загрязненные районы		Контрольные районы		Всего
	Кол-во	Процент	Кол-во	Процент	
Да	173	66	122	52	295
Нет	89	34	113	48	202
Всего	262	100	235	100	497

p = 0,001.

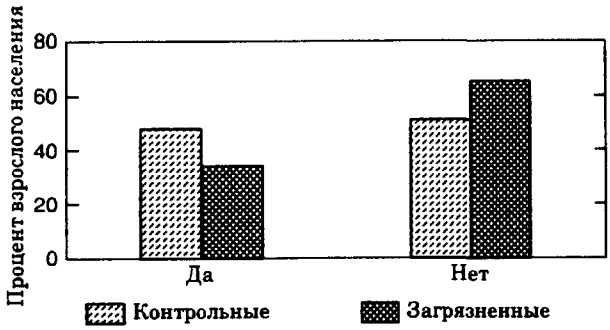


Рис. 63. Ответы взрослых людей на вопрос, касающийся значительной утомляемости в контрольных (n = 235) и загрязненных (n = 262) населенных пунктах (p = 0,01). Был задан вопрос: "Чувствуете ли вы себя настолько усталым, что не можете подняться утром с постели?"



Рис. 64. Средняя продолжительность сна (в часах) у взрослых людей в контрольных и загрязненных населенных пунктах. n = 500, p = 0,375

Таблица 55

Ответ на вопрос анкеты: Употребляете ли Вы крепкие алкогольные напитки?

Ответ	Загрязненные районы		Контрольные районы		Всего
	Кол-во	Процент	Кол-во	Процент	
Никогда	59	22	72	31	131
Редко	94	36	98	41	192
Иногда	102	39	58	24	160
Часто	8	3	8	4	16
Всего	263	100	236	100	499

p = 0,007.

Таблица 56

Ответ на вопрос анкеты: Вы когда-нибудь курили?

Ответ	Загрязненные районы		Контрольные районы		Всего
	Кол-во	Процент	Кол-во	Процент	
Да	89	34	75	32	164
Нет	173	66	160	68	333
Всего	262	100	235	100	497

p = 0,627.

отдельных лиц переехать в другое место. Действительно, если сложить ответы "согласен" и "не уверен", то это желание можно рассматривать как фактически всеобщее (96%). Даже те, кто не хотел уезжать, по-видимому, все же придерживаются общего мнения.

Другой интересный результат обследования заключается в том, что несколько лиц (8%) в контрольных населенных пунктах хотели переселиться. Кроме того, 20% обследованных лиц из этой группы высказались в пользу переселения, финансированного правительством. Во время

Таблица 57

Ответ на вопрос анкеты: Вы курите в настоящее время?

Ответ	Загрязненные районы		Контрольные районы		Всего
	Кол-во	Процент	Кол-во	Процент	
Да	61	23	50	21	111
Нет	199	77	184	79	383
Всего	260	100	234	100	494

p = 0,578.

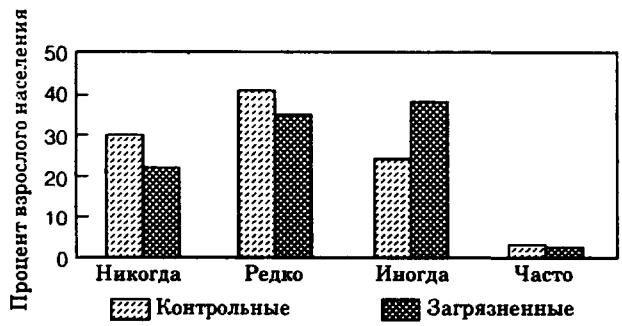


Рис. 65. Распространенность потребления алкогольных напитков взрослыми людьми в контрольных и загрязненных населенных пунктах. p = 0,007

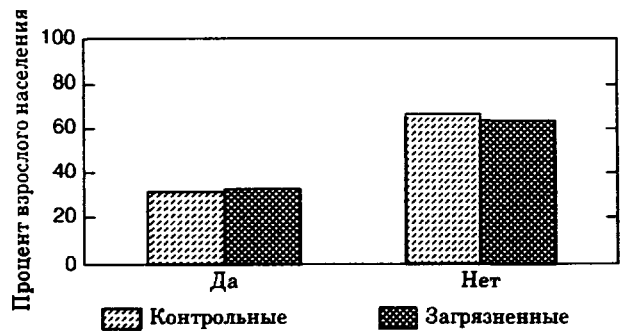


Рис. 66. Указания на курение в анамнезе у взрослых людей (n = 497, p = 0,627). Был задан вопрос: "Вы когда-нибудь курили?"

проведения медицинских обследований этот вопрос обсуждался более подробно. Обычно люди объясняли, что они просто не верят специалистам, утверждающим,что их населенные пункты являются "чистыми" или что они обеспокоены возможностью аварии в будущем. Отношение людей к данной проблеме представлено графически на рис. 60–62.

Нет сомнения в том, что имеется определенная часть населения, которая хотела бы использовать эту кризисную обстановку с пользой для себя и переселиться, что, по их мнению, приведет к улучшению жилищных условий и условий жизни в целом.

При сравнении табл. 51 и 52 можно сделать заключение о том, что предпочтение отдается коллективному переселению, если оно вообще возможно. Многие люди проживали в этих местах со дня своего рождения, и такое желание отражает их солидарность перед лицом несчастья. Было показано, что социальные связи между людьми становятся особенно важными не только во время постоянного профессионального стресса, но и формируют характер поведения при попытке избежать последствий крупных пожаров и других катастроф. Авария на Тримайл Айленд показала, что поддержка коллектива облегчает личные страдания [82].

Харшбаргер [87] сообщает, что степень стресса, который испытывали люди, переселенные после наводнения в Буффало Крик, мог быть

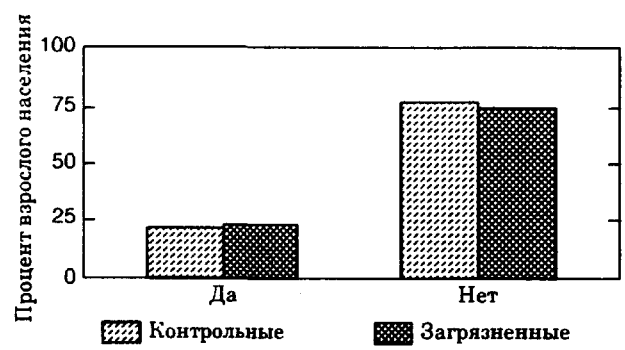


Рис. 67. Процент взрослых людей, которые в настоящее время курят сигареты, в контрольных и загрязненных населенных пунктах. n = 494, p = 0,578

Таблица 58

Восприятие заболевания в загрязненных населенных пунктах по сравнению с контрольными населенными пунктами

Статистически значимое восприятие заболевания (<0,05)	Процент лиц, ответивших "да"			p
	Загрязненные населенные пункты	Контрольные населенные пункты	Все населенные пункты	
Повышенная утомляемость	89	81	85	0,005
Потеря аппетита	53	42	48	0,025
Боли в груди	53	43	49	0,026
Щитовидная железа/зоб	25	11	18	0,000
Анемия	8	5	7	0,035
Статистически не значимое восприятие заболевания				
Головная боль	81	77	79	0,225
Депрессия	42	42	42	0,865
Ангина	40	35	39	0,661
Выпадение волос	26	25	25	0,707
Диарея или запоры	27	25	26	0,709
Прибавка массы тела	19	14	17	0,083
Снижение массы тела	15	15	15	0,934
Нерегулярный менструальный цикл	9	6	8	0,093
Носовые кровотечения	16	11	13	0,084

Таблица 59

Ответ на вопрос анкеты: Я считаю, что у меня имеется заболевание, вызванное облучением

Ответ	Загрязненные районы		Контрольные районы		Всего
	Кол-во	Процент	Кол-во	Процент	
Согласен	117	45	70	30	187
Не уверен	122	46	104	44	226
Не согласен	24	9	62	26	86
Всего	263	100	236	100	499

p = 0,000.

существенно снижен, если бы власти попытались расселить соседей вместе.

С другой стороны, в указанной выше работе [86] приводится достаточно много доказательств того, что при любых обстоятельствах переселение может стать стрессом, особенно для пожилых людей. Оно оправдано только при явной пользе для состояния здоровья.

3.6.3.4. Сон, курение и употребление алкоголя

Эти вопросы задавались в анкете, исходя из того, что различная степень психологического стресса может проявляться через особенности поведения. Такие особенности показывают механизм, используемый для преодоления стресса.

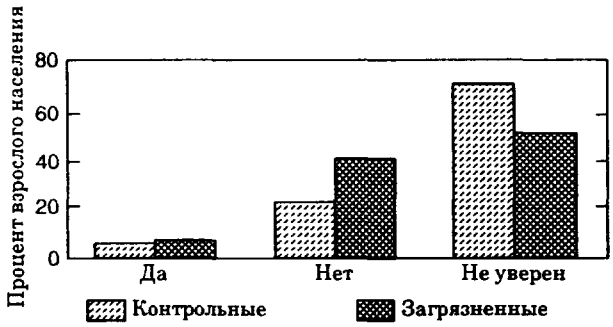


Рис. 68. Процент взрослых людей в контрольных или загрязненных населенных пунктах, которым был задан вопрос: "Снижается ли уровень радиации?" n = 501, p = 0,0000

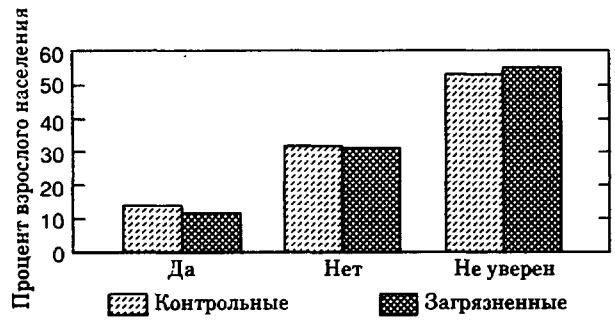


Рис. 71. Процент взрослых людей в контрольных или загрязненных населенных пунктах, которые считают, что основные проблемы, связанные с чернобыльской аварией, будут решены к 2000 году. n = 501, p = 0,85

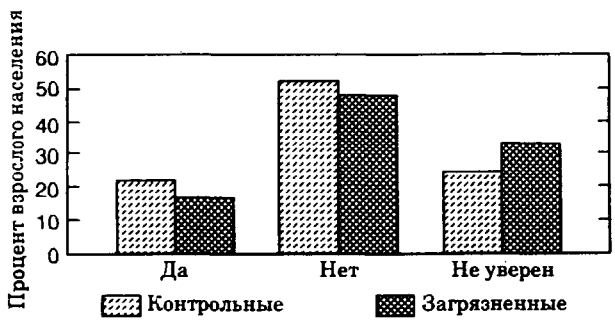


Рис. 69. Процент взрослых людей в контрольных или загрязненных населенных пунктах, которым был задан вопрос: "Безопасно ли облучение в малых дозах?"

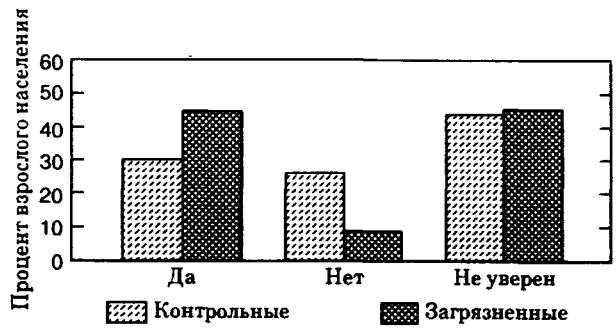


Рис. 70. Процент взрослых людей, которые считают, что у них имеется заболевание, связанное с облучением в результате чернобыльской аварии. p = 0,001

Было признано, что количество употребляемого алкоголя, по-видимому, указывалось не совсем точно; однако элемент субъективности, по-видимому, был одинаковым для контрольных и загрязненных населенных пунктов. Предполагается, что данные следует применять только в отношении сельского населения в возрасте 40 и 60 лет. При этом пол человека является определяющим фактором; эти данные следует рассматривать более подробно в будущем, поскольку между стрессом у человека и его желанием переселиться существует прямая зависисмость.

Продолжительность ночного сна и признаки повышенной утомляемости/депрессии для каждой группы приводятся в табл. 53 и 54 и на рис. 63 и 64. Все они показывают отсутствие существенных различий. Важная особенность этого параметра состоит в том, что лица, отвечающие на вопросы анкеты, респонденты, не могут сознательно или бессознательно исказить объективную картину последствий аварии для здоровья.

Данные по потреблению алкогольных напитков и курению представлены в табл. 55–57 и графически на рис. 65–67.

Данные по потреблению алкоголя показывают ту же картину, однако опять невозможно точно определить, действительно ли различие отражает истинный уровень употребления алкоголя, или же эти различия отражают осознанное использование его как способа для снятия стресса.

На фоне данных по повышенной утомляемости в ранние утренние часы и употреблению алкоголя неожиданным было отсутствие существенного различия в отношении курения. Процент лиц, давших ответ "курю в настоящее время", от общего числа обследованных также

Таблица 60

Ответ на вопрос анкеты: Уровень облучения снижается?

Ответ	Загрязненные районы		Контрольные районы		Всего
	Кол-во	Процент	Кол-во	Процент	
Согласен	18	7	14	6	32
Не уверен	137	52	169	72	306
Не согласен	110	41	53	22	163
Всего	265	100	236	100	501

p = 0,000.

Таблица 61

Ответ на вопрос анкеты: Облучение в малых дозах безопасно?

Ответ	Загрязненные районы		Контрольные районы		Всего
	Кол-во	Процент	Кол-во	Процент	
Согласен	44	17	52	22	96
Не уверен	129	49	126	53	255
Не согласен	91	34	58	25	149
Всего	264	100	236	100	500

p = 0,039.

Таблица 62

Ответ на вопрос анкеты: Проблемы, связанные с чернобыльской аварией, будут решены в течение следующих 10 лет?

Ответ	Загрязненные районы		Контрольные районы		Всего
	Кол-во	Процент	Кол-во	Процент	
Согласен	33	12	33	14	66
Не уверен	148	56	127	54	275
Не согласен	84	32	76	32	160
Всего	265	100	236	100	501

p = 0,85.

представляется удивительно низким, и следовало бы сравнить эти данные с данными, полученными в других группах населения.

Представляется маловероятным, хотя это и возможно, что лица, заполнявшие анкеты, не знают о связи между курением и стрессом.

В одном разделе анкеты для оценки состояния здоровья международные эксперты выясняли данные анамнеза заболевания по многим симптомам, при этом эксперт, проводящий опрос, пользовался следующим руководством:

"Зачеркните квадрат, если у человека, который сегодня проходит обследование, в течение двух последних месяцев имелась любая из следующих жалоб".

Результаты опроса по этим 14 симптомам представлены в табл. 58. В колонке 1 представлен суммарный процент лиц, ответивших "да", из контрольных и загрязненных населенных пунктов; эти данные дают некоторое представление об общей распространенности этих симптомов. Для периода, ограниченного 2 месяцами, этот показатель необычайно высок, однако во многих случаях было обнаружено, что респонденты представляли ответы за более длительный период времени.

Симптомы подразделяются на те, для распространенности которых имелось существенное различие между загрязненными и контрольными населенными пунктами, и те, для которых такого различия не было.

При этом наиболее существенные различия относятся к повышенной утомляемости, отсутствию аппетита и болям в груди, которые являются классическими симптомами стресса. Но учитывая статистические показатели, наличие модели стресса становится менее очевидным из-за отсутствия различия в распространенности головных болей и депрессии.

Также важное значение имеют два *физических* симптома, которые, по мнению населения, связаны с облучением, т. е. щитовидная железа/зоб и анемия. По данным медицинского обследования можно предположить, что ответы на вопросы, относящиеся к этим симптомам, могли быть связаны с опасениями людей, а не с соматическими нарушениями. Представляет интерес тот факт, что для носовых кровотечений, в отношении которых может быть выдвинут тот же аргумент, также имеется различие, приближающееся к достоверному. Этот факт представлен на табл. 59, в которой даны ответы на отдельный вопрос, касающийся субъективного мнения о причине заболевания.

Значительная часть населения считает, что у нее имеется заболевание, вызванное облучением. Это — удручающий статистический показатель, который к тому же, по-видимому, не отражает объективной ситуации. Более того, хотя в табл. 59 и выявлены существенные различия между загрязненными и контрольными населенными пунктами, вызывает удивление тот факт, что 30% жителей контрольных населенных пунктов считают, что у них имеется заболевание, вызванное облучением, и 44% лиц в этом "не уверены".

Общая распространенность симптомов является веским доказательством модели стресса.

Международные эксперты задавали людям вопросы, касающиеся их отношения к радиации и к будущему. Во всех случаях, за исключением последнего, продемонстрировано наличие существенных различий между жителями контрольных и загрязненных населенных пунктов. Также показано, что приблизительно половина населения недостаточно информирована об имеющихся фактах (или не верит им), чтобы у нее имелись соответствующие условия для формирования определенного мнения.

Некоторые из этих таблиц представлены в графической форме на рис. 68–71.

Из табл. 59–62 видно, что общее моральное состояние людей и их вера в будущее находятся на крайне низком уровне. Лишь отдельные люди верят, что уровень радиации снижается (табл. 60), и лишь некоторые согласились с тем, что облучение в малых дозах безопасно (табл. 61). Именно на эту последнюю предпосылку опирается "концепция 35 бэр (350 мЗв)". В обоих случаях эти предположения противоречат точки зрения "эксперта" и тому факту, что помимо тех лиц, у которых мнение уже сложилось, еще около половины жителей "не уверены"; это является еще одним свидетельством того, что наличие большого количества неопределенностей также вызывает стресс.

Надежды на то, что проблемы, возникшие в результате чернобыльской аварии, будут в основном разрешены в течение последующих 10 лет, вообще не разделяются третьей частью населения, и более чем половина населения "не уверена" в этом; опять же существует много неопределенностей. Такое пессимистическое отношение наблюдается в равной степени в загрязненных и контрольных населенных пунктах (табл. 62).

3.6.4. Краткий обзор психологических проблем

В результате чернобыльской аварии возникло много серьезных психологических проблем. Страх, неопределенность и чувство беспомощности намного превосходят последствия любого существенного радиоактивного загрязнения.

По-видимому, следует выделить несколько основных аспектов, связанных с психологическими последствиями аварии. Первый из них состоит в том, что чернобыльскую аварию нельзя выделить из контекста социальных и экономических преобразований, которые происходят независимо от аварии. Гласность, перестройка, неполноценное питание, этнические и национальные проблемы — все эти аспекты смешались в результате влияния последствий чернобыльской аварии.

Отсутствие информации и отсутствие доверия — это основные проблемы, которые были выявлены. Население не знает (или не верит), загрязнены или нет их дома и продукты питания, какие последствия имеет облучение и нужно ли переселяться. Некоторые проблемы, касающиеся отсутствия информации, связаны с тем фактом, что в большинстве случаев отсутствовали сведения об аварии по крайней мере в течение двух лет после нее. Другой проблемой, с которой сталкивается население, является противоречивый характер сведений не только в средствах массовой информации, но и оценках различных групп советских ученых.

Большинство людей в действительности испытывает обеспокоенность, но они не совершают неразумных поступков, учитывая обстоятельства. Поэтому мы не стали бы использовать термин "радиофобия" для определения имеющихся в настоящее время психологических последствий аварии. Серьезная обеспокоенность имеется у значительной части населения, и это свидетельствует о широкомасштабном характере данной проблемы. Вызывает интерес тот факт, что в то время, когда население в действительности испытывало действие стресса, международные эксперты не могли в тот момент времени точно установить, переходит ли стресс в другие физикально выявляемые патологические изменения, такие, как артериальная гипертензия или нарушения обмена веществ в организме, в отношении которых имеются различия в загрязненных и контрольных населенных пунктах, или, по этим показателям, со всем населением СССР. Возможно, в действительности и имелась повышенная распространенность некоторых патологических изменений (таких, как язвенная болезнь желудка), которые не исследовались международными экспертами.

Следует отметить, что не все психологические проблемы будут разрешены при переселении людей, проживающих в населенных пунктах со значительным загрязнением. В тех случаях, когда людей уже переселили, часто наблюдались нарушение социальных связей и другие проявления стресса из-за нарушения целостности больших семей. Это также указывает на то, что в случае переселения возникнет весьма серьезный стресс.

Психологические проблемы существуют и будут существовать в населенных пунктах с крайне незначительным радиоактивным загрязнением. Это связано с тем фактом, что у многих жителей этих населенных пунктов также имеется ощущение неопределенности и что в них не приезжали представители компетентных организаций, чтобы подтвердить наличие незначительного загрязнения или его отсутствия. Но даже если это произойдет, у населения сохранится обеспокоенность из-за возможности другой такой же аварии, но с другим характером радиоактивного загрязнения.

Вопросы, относящиеся к состоянию здоровья, независимо от их связи с облучением, будут сохранять свою актуальность и в течение длительного периода времени создавать психологические проблемы. Когда бы не появился случай рака, сразу же возникнет тенденция связать его с чернобыльской аварией. Вполне понятно, что при этом быстро и просто создается "причинная связь", хотя в результате аварии будет наблюдаться только очень незначительное повышение статистических показателей распространенности рака. Более того, при таком объяснении вся ответственность перекладывается на внешний, упрощенный, причинный фактор. Можно ожидать, что для решения таких проблем и вопросов потребуются десятилетия. Однако существует целый ряд мероприятий, которые можно предпринять для ускорения этого процесса.

3.7. Питание

3.7.1. Обоснование

Вопросы питания являются важным моментом, так как неполный рацион питания может создать множество проблем для здоровья. Одна из самых значительных проблем — это возможность того, что выпадение радиоактивных осадков в результате аварии на Чернобыльской АЭС могло привести к увеличению распространенности рака. В данном контексте следует отметить, что рак является довольно распространенным заболеванием (примерно 20% всех летальных случаев) в развитых странах, включая СССР; далее следует отметить, что около 80% случаев рака, как полагают, вызваны условиями проживания (не связанными с радиацией), включая 35% онкологических заболеваний, которые связаны с рационом питания [88].

Нет убедительных доказательств того, что различия в рационе питания являются предрасполагающим фактором или средством защиты от облучения. С другой стороны, многие проблемы здоровья, о которых сообщали группе международных экспертов, могли быть вторичными по сравнению с неполным рационом питания. Эти проблемы включают в себя зоб (связанный с дефицитом йода в организме), артериальную гипертензию (связанную с ожирением и потреблением большого количества соли), анемию (связанную, возможно, с недостаточностью в рационе питания белков, железа и/или витаминов или со свинцовой интоксикацией) и рахит (связанный с недостатком в организме кальция и/или витаминов).

Другим источником беспокойства является потенциальная возможность повышенного поступления с пищей отравляющих микрозагрязнителей. Внимание МКК привлек тот факт, что между 27 апреля и 10 мая (см. раздел 2.6) на активную зону чернобыльского реактора было сброшено большое количество свинца и бора, а в это время ветер дул в северо-восточном направлении. Было выражено опасение, что часть этих токсичных веществ могла широко распространиться в окружающей среде и, поэтому, будет загрязнять пищевую цепочку. Эта озабоченность была высказана в ряде населенных пунктов местными гражданами и врачами.

Еще один потенциальный фактор, связанный с питанием, и, возможно, приводящий к увеличению заболеваемости в загрязненных районах, по сравнению с контрольными или незагрязненными районами, состоит в том, что рацион питания, возможно, существенно изменился за последние годы (частично в результате введения мер, направленных на ограничение потребления загрязненных пищевых продуктов).

Исходя из вышеуказанных причин, было высказано мнение о целесообразности изучения рациона питания людей, живущих в некоторых загрязненных районах.

3.7.2. Обзор советских данных

3.7.2.1. Общие вопросы питания

Советские ученые, очевидно, предприняли обширные исследования структуры питания лиц, живущих в районах, загрязненных в результате чернобыльской аварии. Однако, большая часть информации, представленной группе международных экспертов, носила скорее несерьезный характер, так как слишком малая часть этой информации была оформлена документально и в доступной форме.

Один из врачей отметил[25], что увеличение заболеваемости среди населения загрязненных районов, по сравнению с контрольными или незагрязненными районами, может быть вызвано следующими факторами различной значимости:

(1) За последние годы рацион питания существенно изменился. Упоминалось, например, что в 1988 г. в некоторых сельских населенных пунктах наблюдались заболевания рахитом, по-видимому, вследствие запрещения на употребление молока. Заболеваемость рахитом в некоторых небольших деревнях составила 10–20% для детей в возрасте от одного до трех лет[26]. Документальных данных, однако, представлено не было.

(2) Родители, учителя и т. д. в течение длительного времени не разрешали детям покидать помещения, в надежде ограничить их облучение радионуклидами.

Что касается периода времени непосредственно после аварии, то одно из наиболее верных заявлений (высказанных первоначально в Институте питания в Киеве) заключалось в том, что "начиная с мая 1986 г. отмечалось снижение содержания в рационе питания основных компонентов, а именно: по калорийности — на 30%, по содержанию белков — на 30% и по содержанию углеводов — на 30%; кроме того, потребление свежих фруктов уменьшилось на 84%".

В целом обоснованность такого заявления (по крайней мере в качественном, если не в количественном отношении) была подтверждена, независимо от этой оценки, диетологами в Киеве, Гомеле, Минске и Москве. Но эта проблема, по-видимому, носила кратковременный характер и относится, главным образом, к первому году непосредственно после аварии. С тех пор обстановка в большей или меньшей степени нормализовалась.

Согласно данным Московского института питания, три советских института провели совместные исследования с выездом в некоторые районы, пострадавшие в результате аварии на Чернобыльской АЭС; исследования проводились в 1987 и 1989 гг. Было установлено, что люди в загрязненных районах потребляли недостаточное количество белка (особенно животного происхождения), растительных жиров и витаминов.

[25] Д-р Л.А. Ильин (Москва).

[26] Д-р А.К. Гуськова (Москва).

Отмечались многочисленные случаи недостаточного потребления витамина С, каротина, витаминов B_1, B_2 и Е. Недостаточность потребления этих витаминов наблюдалась в течение двух лет, когда проводилось исследование, но в 1989 г. положение стало несколько лучше, чем в 1987 г. Основные причины недостаточного потребления указанных выше питательных компонентов включают отсутствие продуктов питания соответствующего качества, привычный для обследованных людей неполный рацион питания, а также потребление чрезмерно рафинированных продуктов. Эти недостатки в настоящее время исправляются путем использования витаминных добавок.

УССР

Ученые ВНЦРМ[27] сообщили, что рахит был обнаружен примерно у 30% детей младшего возраста как до аварии, так и после неё. Эти данные основываются только на клинической диагностике. Большинство случаев заболеваний относилось к рахиту 1 и 2 степени, а случаи рахита 3 степени вообще отсутствовали.

Другой ученый[28] исследовал рацион питания взрослого населения и детей в населенных пунктах Народичи и Полесское. Рацион питания рассматривался по пяти возрастным группам: от 0 до 3 лет, от 3 до 6 лет, от 7 до 10 лет, от 11 до 13 лет, от 14 до 17 лет, а также для взрослых. Были подтверждены сделанные ранее выводы в отношении лиц, не следовавших ограничениям на потребление продуктов питания.

Вопросы питания изучались двумя методами: (1) путем анкетирования и (2) путем взвешивания потребляемой пищи. Рацион питания анализировался по 17 основным компонентам (например, аминокислоты, витамины, белки, жиры, углеводы и т. д.). Такой анализ проводился в 8 населенных пунктах Народического района и 10 населенных пунктах Полесского района. Данное исследование охватывало все времена года и проводилось в период с 1986 по 1989 гг. Полученные результаты делились по трем уровням загрязнения местности цезием-137: 10–15 Ки/км^2 (370–555 кБк/м^2), 15–40 Ки/км^2 (555 кБк/м^2–1,48 МБк/м^2) и >40 Ки/км^2 (>1,48 МБк/м^2). В настоящее время полагают, что из незагрязненных районов по-прежнему в недостаточном количестве поступают такие продукты питания, как молоко, мясо, овощи и соки.

Дети в возрасте свыше 7 лет три раза в день принимают "чистую" пищу в школах, но дома для приготовления обильного ужина, возможно, используются и загрязненные продукты питания. В загрязненной 30-километровой зоне все еще проживает 2 тыс. пожилых людей, которые используют пищевые продукты местного производства. В эту зону приезжают погостить или пожить у своих бабушек и дедушек примерно 60–80 детей.

БССР

В г. Брагин участникам Миссии 1 сообщили, что для данного района рацион питания представляет собой особую проблему. Мнение врачей сводилось к тому, что на момент обследования потребление молока уменьшилось по сравнению с предшествующим периодом времени. Центр питания СССР провел анализ рациона питания детей, однако участникам Международного проекта копии результатов такого исследования предоставлено не было.

РСФСР

В населенном пункте Злынка участникам Миссии 1 сообщили, что молоко в этот населенный пункт поступало из других мест, но местные овощи в рационе питания использовались. Следует отметить, что как в этот город, так и во многие другие населенные пункты молоко, по-видимому, поставлялось из других районов с интервалами в 3 или 4 дня, а у большей части населения не было холодильников.

3.7.2.2. Антропометрические данные

Общее впечатление о состоянии питания населения можно получить с помощью антропометрии, т. е. путем измерения роста и массы тела и сопоставления полученных результатов с таблицами стандартных значений.

Группе экспертов были предоставлены данные с параметрами роста и массы тела жителей Москвы и Ленинграда. В данном докладе представлены данные лишь для Москвы, поскольку для Ленинграда показатели практически те же. Эти данные могут быть использованы как исходные для сопоставления с показателями, полученными при работе выездных групп экспертов, изучающих состояние здоровья населения (табл. 63).

[27] Д-р Е.И. Степанова.

[28] Д-р Салий (Киев).

Таблица 63

Опубликованные показатели роста и массы тела у жителей Москвы

Возрастная группа	Пол	Процентный квантиль распределения							
		Средний	5	10	25	50	75	90	95
		Масса тела (кг)							
20–29	Мужской	74,5	60	62	66	74	82	89	93
30–39		75,9	59	61	67	75	83	92	97
40–49		77,6	59	62	68	75	86	95	104
50–59		77,5	57	63	69	76	85	94	101
60–69		77,3	58	62	69	77	86	93	100
20–29	Женский	63,5	49	52	55	61	69	80	84
30–39		66,3	50	52	58	65	72	83	88
40–49		72,4	53	57	63	72	81	90	96
50–59		75,2	54	60	67	75	84	91	98
60–69		74,1	52	58	66	74	82	90	94
		Рост (см)							
20–29	Мужской	176,9	166	168	173	177	181	185	187
30–39		174,9	163	167	171	174	179	183	186
40–49		173,0	162	165	168	172	177	181	184
50–59		171,3	161	163	167	171	176	180	182
60–69		169,4	159	161	165	170	175	178	180
20–29	Женский	163,6	153	156	159	164	168	171	174
30–39		161,7	152	155	158	161	165	169	171
40–49		159,9	152	153	156	160	164	166	168
50–59		158,8	149	152	155	159	163	165	167
60–69		156,8	147	149	153	157	161	163	166

3.7.2.3. Свинцовая интоксикация

УССР

Один из ученых ВНЦРМ[29] отметил, что содержание свинца в организме детей, находившихся в г. Припяти, исследовалось в 1987 г. в анализах мочи. Результаты анализа показали, что содержание свинца было выше нормы, но не настолько, чтобы стать основной причиной анемии. В этом институте никаких фактических данных не имелось. Для жителей районов УССР, находящихся за пределами 30-километровой зоны, никаких анализов на содержание свинца в организме не проводилось.

БССР

Органы здравоохранения г. Гомеля отметили, что в г. Красна и г. Гомель на содержание свинца в организме обследовали 47 детей, но было неясно, откуда эти данные получены. Было отме-

[29] Д-р В.Г. Бебешко (Киев).

чено, что эти обследования проводились на ограниченном количестве анализов крови и мочи[30] на содержание свинца. Анализ проводился методом атомной абсорбции на установке в Академии наук. Отмечалось, что при некоторых анализах крови были получены повышенные показатели, что свидетельствовало о загрязнении свинцом.

3.7.2.4. Йод

Содержание йода в организме считается очень важным показателем при заболеваниях щитовидной железы и, в частности, при зобе (см. раздел 3.3.1), поскольку йод является составным компонентом нескольких гормонов щитовидной железы. В различных советских источниках данных отмечалось, что населенные пункты, которые посетили группы международных экспертов, являются районами зобной эндемии, подразумевая при этом, что в данной местности имеется дефицит йода в пищевых продуктах.

Советские официальные данные по функции щитовидной железы рассматриваются в разделе 3.3.1.2. Что касается неорганического йода, то следует учитывать два дополнительных фактора:

(1) Советские компетентные организации настолько серьезно обеспокоены недостаточностью содержания йода в организме, что приняли программу йодирования соли. Советские источники информации, однако, свидетельствуют о том, что данная программа выполняется недостаточно эффективно и что большая часть соли, используемая в данном регионе, либо не йодирована совсем, либо не отвечает требуемым стандартам контроля качества. (Анализы образцов соли на местах, проведенные международными экспертами по проблеме, подтвердили, что в трех из пяти произвольно отобранных пробах соли вообще не содержалось добавок йода, а в одном образце содержание йода находилось лишь на уровне примерно 10% от необходимого.)
(2) Исследование содержания йода в почве, проведенное несколько лет назад, выявило значительные колебания в уровнях содержания йода в почве на различных участках местности в пределах одного района (косвенно указывая на возможность того, что даже близлежащие сельские населенные пункты могут значительно отличаться друг от друга по содержанию йода в почве).

[30] Д-р С.В. Петренко (Минск).

3.7.3. Результаты работы выездных групп экспертов

3.7.3.1. Цель и масштабы работы

За несколько поездок в рамках Задачи 4 эксперты собрали данные и пробы для оценки рациона питания. Поездка 5А, в частности, предназначалась для отбора отдельных проб ряда продуктов питания и рациона питания в целом. Однако по целому ряду причин, включая объективные сложности (недостаток времени и нехватка средств на материально-техническое обеспечение), связанные с предполагаемым посещением некоторых населенных пунктов, а также сбором и анализом некоторых проб, объем работ в ходе поездки 5А был достаточно ограничен. В связи с этим основная цель миссии состояла в получении информации и отборе проб, которые были бы *показательными* для различных параметров, представляющих интерес с точки зрения проблемы питания; кроме того, эти исследования должны были проводиться в районах с различной степенью загрязнения в результате аварии на ЧАЭС. Однако из-за вышеуказанных сложностей было невозможно провести эти исследования так, чтобы они статистически значимо характеризовали обстановку в обследованных районах.

Основная цель поездки заключалась в отборе проб пищи, анализов крови, мочи и т. д. для анализа различных компонентов питания без прямой связи с действием облучения. Кроме того, производился отбор некоторых проб из окружающей среды (например, лишайника) для использования в качестве биоиндикаторов загрязнения окружающей среды, в частности, токсичными тяжелыми металлами — свинцом и кадмием.

Специальные задачи Проекта включали:

— Получение из советских источников информации о структуре рациона питания и проверка достоверности этой информации путем фактического изучения рациона питания населения.
— Получение информации о том, изменился ли рацион питания после чернобыльской аварии; имеются ли значительные сезонные изменения в рационе питания; отличается ли рацион питания детей от рациона питания взрослых.
— Получение информации о дефиците различных микроэлементов (йода, железа, цинка, селена и т. д.) в организме местных жителей и существовании программ по введению добавок в продукты питания до и после аварии (если такие программы вообще существуют).

— Двухкратный отбор проб продуктов из суточного рациона питания. У отдельных жителей в загрязненных и незагрязненных районах.
— Проверка возможного загрязнения пищевых продуктов токсичными металлами, например, свинцом, кадмием и ртутью, и содержания этих элементов в анализах крови.
— Отбор проб основных видов продуктов питания, включая соль, капусту и картофель, для анализа содержания в них основных микроэлементов.
— Отбор анализов крови, мочи, волос и женского грудного молока у тех же вышеупомянутых и других лиц для оценки содержания основных токсичных микроэлементов и определения других важных биохимических параметров.

Районы посещения для групп экспертов были выбраны советской стороной. Описание этих районов приводится ниже. Выбор мест для отбора проб в этих районах производился группой международных экспертов.

Новозыбковский район (РСФСР)

Это район с населением около 62 тыс.человек, из которых 44 тыс.человек проживают в г. Новозыбкове, а 18 тысяч — в прилегающих к нему сельских населенных пунктах. Этот район характеризуется относительно высокими уровнями радиоактивного загрязнения окружающей среды, но низкими коэффициентами переноса радиоактивности в пищевые продукты. Отбор проб производился в следующих населенных пунктах: Гатка, Новозыбков, Святск, Старые Бобовичи и Старый Вышков.

Овручский район (УССР)

Это район с населением около 86 тыс. человек, из которых 14 тысяч проживают в г. Овруч, а оставшаяся часть в прилегающих населенных пунктах. Район с относительно низкими уровнями радиоактивного загрязнения окружающей среды, но с высокими величинами коэффициента переноса радиоактивности в пищевые продукты. Отбор проб производился в следующих населенных пунктах: Далета, Корчевка, Мичульня, Овруч, Ракитное и Словечно.

Брагинский район (БССР)

Это район с населением около 23 тыс.человек, из которых 6 тыс. человек проживают в г. Брагин, а остальная часть населения в прилегающих населенных пунктах. Хотя в данном районе имеются несколько населенных пунктов, из которых люди были эвакуированы, на оставшейся заселенной территории уровни содержания в организме цезия-137 сравнительно невелики (см. рис. 5, Часть Д). Отбор проб производился в следующих населенных пунктах: Брагин, Гдень, Комарин, Маложин, Микуличи и Савичи.

3.7.3.2. Отбор проб

Двойные пробы блюд, представляющие собой с максимальной точностью суточный рацион твердой и жидкой пищи, были получены от 34 лиц, изъявивших желание участвовать в данном исследовании; пробы брались по возможности за определенные промежутки времени и для различных социальных групп населения. Добровольные участники исследования собирали равные количества твердых и жидких продуктов питания (объем проб оценивался визуально). Цель исследования объяснялась каждому участнику через переводчика группы. Людей предупредили, чтобы они придерживались своего обычного рациона питания. Участников эксперимента также просили приносить утренний анализ мочи для определения содержания электролитов, йода и некоторых микроэлементов. Анализы мочи брались у нескольких пациентов и смешивались для измерения содержания радиоактивного плутония. Анализы крови и волос для определения содержания микроэлементов и других биохимических параметров также отбирались у лиц, которые предоставляли для исследования двойные пробы продуктов питания. Рост и масса тела этих лиц также фиксировались для последующего антропометрического анализа.

Несколько граммов волос разных людей были получены от местных парикмахеров для анализа содержания определенных микроэлементов. В течение суток после взятия анализов крови плазма или сыворотка отделялись в сепараторе и замораживались в специальных пластмассовых пробирках, которые затем пересылались в Вену. Анализы цельной крови и ее форменных элементов, оставшиеся после сепарации, также сохранялись в замороженном состоянии для транспортировки. В последний день посещения каждого из трех обследуемых районов группой экспертов пробы пищи смешивались до образования однородной массы и равные части смеси герметично

Таблица 64

Обзор собранных и проанализированных проб

Матрица	Микроэлементы для анализа	Количество анализов
Кровь (цельная)	Cd Pb	27
Кровь (цельная)	Hg Se	40
Сыворотка крови	Fe	39
Плазма крови	Zn	32
Рационы питания	микроэлементы (разные)	34
Продукты питания	Cd Pb	36
Женское грудное молоко	ост. пестициды	12
Волосы	микроэлементы (разные)	31
Лишайники	Cd Pb	105
Моча	йод	76
Вода	Cd Pb	41

запаковывались в чистые полиэтиленовые мешочки и замораживались для облегчения перевозки. В местных личных хозяйствах и колхозах производился отбор небольшого количества проб молока для измерения радиоактивности и содержания нескольких наиболее важных микроэлементов. Кроме того, в разных районах посещения производился отбор небольшого количества анализов женского грудного молока в местных родильных домах для определения содержания микроэлементов и других компонентов.

Пробы лишайника (вид *Parmelia sulcata*) собирались для использования в качестве биоиндикатора загрязнения, так как известно, что он может использоваться для контроля загрязнения воздушной среды, при этом распространен практически повсеместно. Отбор проб производился совместно с корой (главным образом тополей, но в некоторых случаях и ив) на высоте примерно 1,5 м от поверхности земли, затем пробы помещались в бумажные мешочки. Другие пробы из окружающей среды для анализа содержания микроэлементов включали в себя отбор небольшого количества древесины, некоторых видов трав и почвы.

Принимались особые меры предосторожности для получения незагрязненных проб, которые могли бы использоваться для последующего анализа. Пробы пищи смешивались в машине, специально разработанной для анализа содержания микроэлементов (в машине предусмотрены пластмассовая чаша и титановые ножи). Контейнеры для хранения проб перед использованием стерилизовались. Отбор анализов крови производился с использованием различных видов вакуумных контейнеров (“вакутейнеров”), выбранных специально вследствие их использования для анализа цельной крови, сыворотки или микроэлементов. Для обеспечения сохранности все пробы хранились до начала анализа в замороженном состоянии.

Обзор собранных и подвергнутых анализу проб приведен в табл. 64.

3.7.3.3. Мероприятия по анализу проб пищевых продуктов и других проб, собранных в СССР

Все пробы, собранные в СССР в ходе выездной работы (Миссия 5А), сначала направлялись в лабораторию МАГАТЭ в Зайберсдорфе. Последующие анализы производились частично в самом Зайберсдорфе, частично членами группы международных экспертов, участвовавших в данном Проекте. Кроме того, часть работ проводилась сетью аналитических лабораторий, расположенных в разных странах. В их число входят лаборатории, с которыми МАГАТЭ имело контакты и раньше, привлекая их к выполнению ряда программ, например, Программы контроля качества аналитических работ [89] и Комплексной исследовательской программы изучения суточного поступления в организм с пищей наиболее важных пищевых элементов, в которой используются ядерные и другие методы измерений [90]. Перечень лабораторий, принимавших участие в исследованиях, приводится в Приложении 1

Таблица 65

Ответ на вопрос анкеты: Сколько раз в неделю Вы употребляете в пищу зеленые овощи в летний период времени?

Количество раз в неделю	Незагрязненные районы		Загрязненные районы		Всего
	Кол-во	Процент	Кол-во	Процент	
1-3	51	20	33	14	84
4-6	61	24	47	20	108
7	142	55	153	66	295
8-9	2	1	0	0	2
Всего	256	100	233	100	489

p = 0,071.

Таблица 66

Ответ на вопрос анкеты: Сколько раз в неделю Вы употребляете мясные блюда?

Количество раз в неделю	Незагрязненные районы		Загрязненные районы		Всего
	Кол-во	Процент	Кол-во	Процент	
1-3	40	16	55	24	95
4-6	73	29	84	36	157
7	139	54	91	40	230
10-17	3	1	0	0	3
Всего	255	100	230	100	485

p = 0,002.

Таблица 67

Среднее потребление хлеба и картофеля на человека за неделю

Продукт питания	Незагрязненные районы		Загрязненные районы	
	Потребление (кг)	СО	Потребление (кг)	СО
Хлеб	1,63	0,90	1,70	0,88
Картофель	2,70	1,79	2,60	1,46

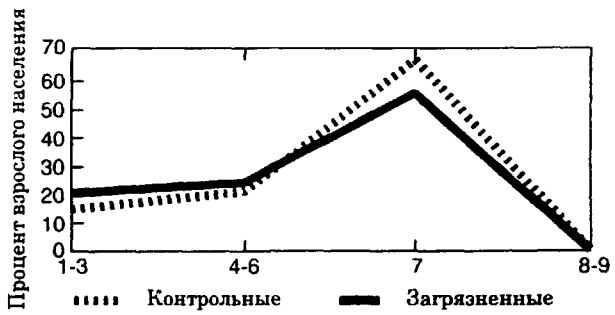


Рис. 72. Потребление овощей взрослым населением за неделю в контрольных и загрязненных населенных пунктах в летнее время. n = 489, p = 0,071

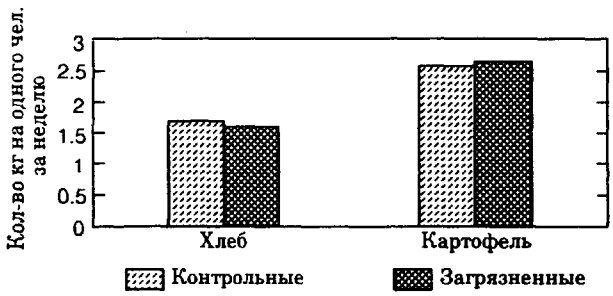


Рис. 75. Средние показатели потребления хлеба и картофеля за неделю одним человеком, проживающим в контрольных и загрязненных населенных пунктах. p = статистически не значимо

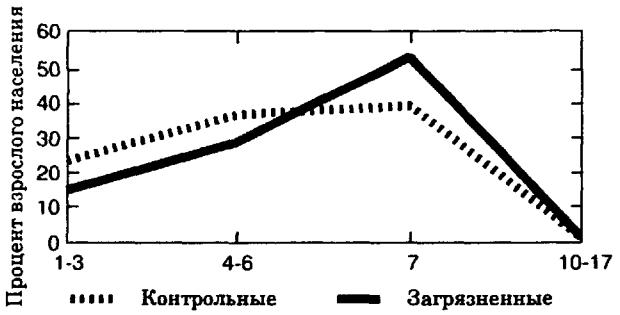


Рис. 73. Потребление мяса за неделю взрослым населением в контрольных и загрязненных населенных пунктах. n = 485, p = 0,002

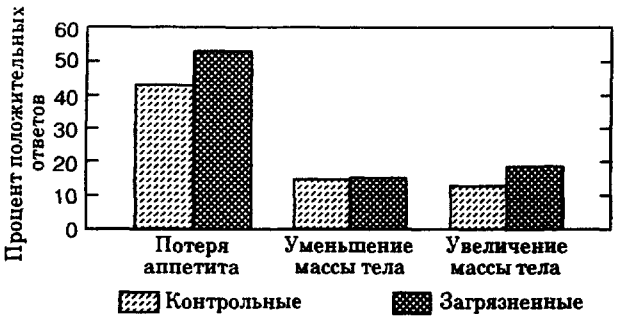


Рис. 74. Жалобы, связанные с питанием взрослых людей, проживающих в контрольных и загрязненных населенных пунктах. Потеря аппетита: p = 0,025; уменьшение массы тела: p = 0,934; увеличение массы тела: p = 0,088

вместе с другой информацией по использованным методам анализа.

Ко всем лабораториям обратились с просьбой уделить особое внимание качеству проведения аналитического контроля. Для анализа содержания микроэлементов были предоставлены проверенные стандарты (рацион питания IAEA-H-9, молоко IAEA-A-11, молочная сыворотка IAEA-155, кормовая капуста, смесь продуктов питания ARC/CL-TD) [91]. Некоторые лаборатории также пользовались проверенными стандартами из других источников, например, NIST. В лаборатории поступила просьба проверить пригодность методик на проверенных стандартах *до* анализа "реальных" проб с предоставлением отчета о полученных результатах. Кроме того, по некоторым исследуемым элементам результаты поступали от нескольких лабораторий, таким образом результаты анализа еще раз подтверждались.

3.7.3.4. Потребление пищевых продуктов и их калорийность

Группы экспертов (Задача 4) специально не предполагали получить независимые данные по потреблению продуктов питания и их калорийности. Однако, ряд собранных ими данных дает косвенное подтверждение (если оно требуется) того, что в настоящее время количество потребляемой пищи вполне соответствует потребностям: если такая проблема вообще существует, то она в значительной степени связана с чрезмерным потреблением (некоторых основных компонентов питания), а не с неполным рационом питания.

Таблица 68

Калорийность питания обследуемых лиц, предоставивших двойные пробы продуктов из рациона питания

Населенный пункт	Калорийность питания			
	Предполагаемая	Оцененная		
		Средняя	СО	Кол-во
Брагин	2440	1944	794	12
Новозыбков	2480	1984	723	13
Овруч	2480	2547	661	8
Всего	2465	2106	757	33

Таблица 69

Рост и вес детей в обследованных группах

Группы	Загрязненные районы					Контрольные районы				
	№	Рост (см)		Вес (кг)		№	Рост (см)		Вес (кг)	
		Средняя	СО	Средняя	СО		Средняя	СО	Средняя	СО
Группа 1	148	90,9	4,7	13,6	1,9	100	89,9	10,2	13,8	2,5
Группа 2	165	112,1	6,6	19,8	3,5	107	110,6	12,3	19,8	2,7
Группа 3	161	141,5	7,0	35,6	8,4	109	139,0	7,3	33,9	7,2

Таблица 70

Рост и вес возрослых людей в обследованных районах

Группы	Загрязненные районы							Контрольные районы						
	№	Рост (см)		Вес (кг)		(кг/м^2)		№	Рост (см)		Вес (кг)		(кг/м^2)	
		Ср.зн.	СО	Ср.зн.	СО	Ср.зн.	СО		Ср.зн.	СО	Ср.зн.	СО	Ср.зн.	СО
4	133	165,1	8,2	78,5	13,9	28,8	5,0	97	164,2	8,4	76,7	13,3	28,6	5,3
5	125	163,5	9,1	77,2	14,3	28,9	5,6	95	161,6	7,2	74,9	12,8	28,8	5,0

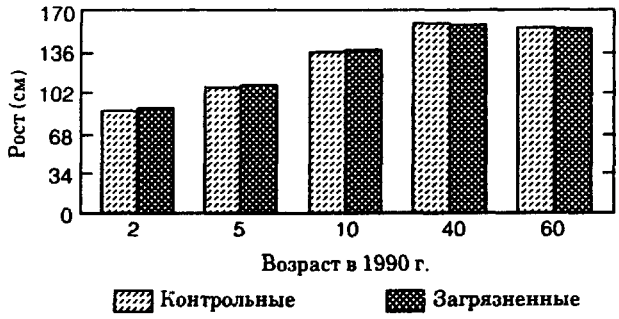


Рис. 76. Рост у лиц различных возрастных групп, проживающих в контрольных и загрязненных населенных пунктах

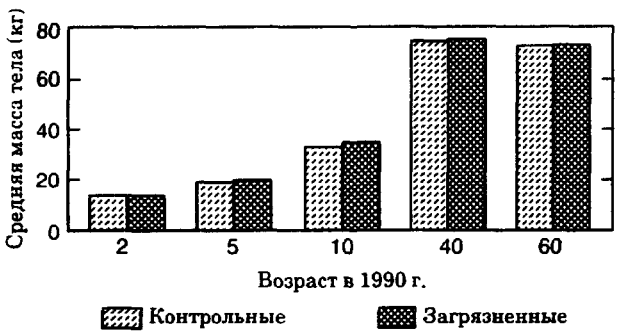


Рис. 77. Масса тела у лиц различных возрастных групп, проживающих в контрольных и загрязненных населенных пунктах

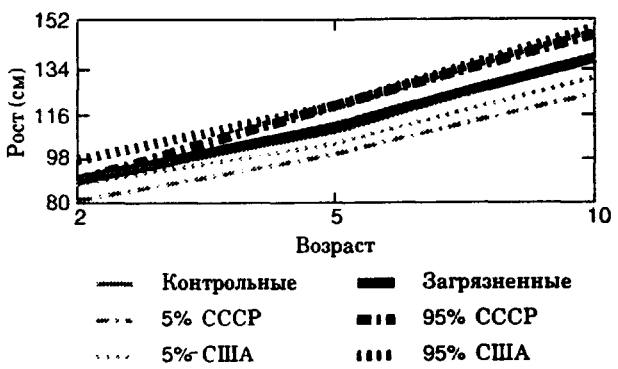


Рис. 78. Рост у детей в контрольных и загрязненных населенных пунктах по сравнению с опубликованными нормативами для СССР и США. (Замечание: символы, обозначающие показатели в контрольных и загрязненных населенных пунктах, на графике накладываются)

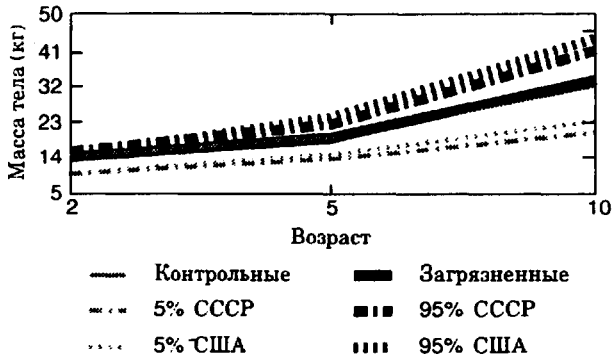


Рис. 79. Масса тела у детей по возрастным группам, живущим в контрольных и загрязненных населенных пунктах, по сравнению с опубликованными нормативами для СССР и США. (Примечание: символы, обозначающие показатели в контрольных и загрязненных населенных пунктах, на графике накладываются)



Рис. 80. Рост у детей в возрасте 5 лет в отдельных контрольных и загрязненных населенных пунктах. Скорректировано по полу 50:50; СО: ±2 см



Рис. 81. Масса тела у детей в возрасте 5 лет в отдельных контрольных населенных пунктах. Скорректировано по полу 50:50; СО: ±1 кг

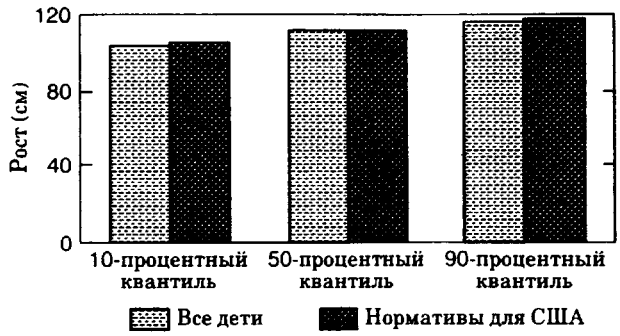


Рис. 82. Распределение показателей роста у детей в возрасте 5 лет по сравнению с нормативами для США

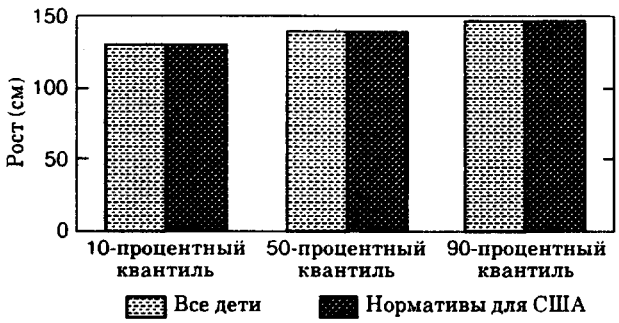


Рис. 86. Распределение показателей роста у детей в возрасте 10 лет по сравнению с нормативами для США



Рис. 83. Распределение показателей массы тела у детей в возрасте 5 лет по сравнению с нормативами для США



Рис. 87. Распределение показателей массы тела у детей в возрасте 10 лет по сравнению с нормативами для США



Рис. 84. Рост детей в возрасте 10 лет в отдельных контрольных и загрязненных населенных пунктах. Скорректировано по полу 50:50; СО: ±2 см

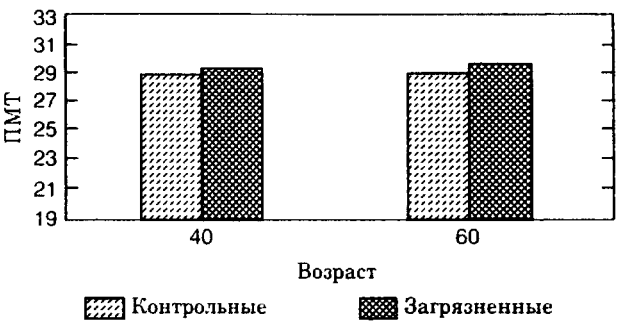


Рис. 88. Средний показатель массы тела (ПМТ) у взрослых людей (в возрасте 40 и 60 лет) в контрольных и загрязненных населенных пунктах. ВОЗ: нормальный 19–25, ожирение >30



Рис. 85. Масса тела у детей в возрасте 10 лет в отдельных контрольных и загрязненных населенных пунктах. Скорректировано по полу 50:50; СО: ±2 кг

Данные по потреблению овощей, мяса, хлеба и картофеля за неделю, полученные при помощи анкет в ходе поездок 8–10, приводятся в табл. 65–67.

Различия в значениях между загрязненными и незагрязненными районами не достоверны для любой переменной.

Эти таблицы в графической форме представлены на рис. 72–75.

Таблица 71

Категории для определения массы тела у обследованных лиц

Категория	Показатель массы тела у мужчин (кг/м^2)	Показатель массы тела у женщин (кг/м^2)
Масса тела ниже нормы	≤19	≤18
Нормальная	20–25	19–24
Избыточная масса тела	26–30	25–30
Ожирение	>30	>30

Таблица 72

Содержание йода в двойных пробах рациона питания и моче

Матрица	Населенный пункт	Кол-во проб	Ед.изм.	Содержание йода в пробах		Величины для сравнения	Аналитическая лаборатория
				Среднее	СО		
Рацион питания	Брагин	12	мкг/д	83	36	120–150[а]	YUG-1
	Новозыбков	13		40	24		
	Овруч	9		137	104		
	Все	34		81	69		
Моча	Брагин	46	мкг/дл	12	7	3,5–5,0[б]	GER-1
	Новозыбков	13		11	8		
	Овруч	17		11	7		
	Все	76		11	7		

[а] Предполагаемое минимальное среднее суточное потребление, соответствующее в норме потребностям организма взрослого человека [94].

[б] Среднее выделение йода с мочой, соответствующее легкой степени йодной недостаточности [93].

Калорийность питания отобранных для обследования лиц, предоставивших двойные пробы из своих рационов питания, можно оценить по массе сухого вещества в пробах. Результаты таких вычислений из расчета 5,5 ккал/г приведены в табл. 68.

Оценочные значения калорийности питания в Брагине и Новозыбкове находятся несколько ниже предполагаемых затрат энергии [92]. Такого рода несоответствие не является чем-то необычным в исследованиях с применением двойных проб рационов питания, причиной которого могут быть сами обследуемые лица, забывавшие включать в двойные пробы некоторые виды пищи (например, легкие закуски и алкоголь). Другая причина состоит, по-видимому, в том, что здесь принято чрезмерно заниженное значение энергозатрат (5,5 ккал/г). Это справедливо для рациона питания людей с исключительно высоким содержанием жиров (а этому действительно имеется наглядное подтверждение). Предполагается, что данный вопрос будет разъяснен позднее, когда станут доступными данные "бомбовой" калориметрии по калорийности продуктов питания. В любом случае ошибочно делать заключение о том, что обследуемые лица страдают от недоедания (см. приведенные ниже антропометрические данные).

3.7.3.5. Антропометрия

Общее впечатление о состоянии питания населения подкрепляется данными антропометрического обследования, т. е. измерения роста и массы тела. Для взрослых это можно сделать путем подсчета показателя массы тела (ПМТ) (масса тела, разделенная на рост в квадрате). Для

детей это обследование выполняется путем сравнения со стандартными кривыми роста (в данном отчете использовались данные для американских детей за 1979 г., взятые в Национальном статистическом центре Министерства здравоохранения США за 1979 г.).

Антропометрические данные собирались медицинской группой экспертов в нескольких контрольных и загрязненных сельских населенных пунктах. Контингент для исследования выбирался из числа лиц, родившихся в 1988, 1985, 1980, 1950 и 1930 гг. (указаны в таблицах как группы 1–5, соответственно). Обзорные данные для детей и взрослых со значениями роста, массы тела и ПМТ приведены в табл. 69 и 70 и на рис. 76–88. Для сравнения приведены следующие показатели для группы из 34 обследованных лиц, передавших двойные пробы суточных рационов питания:

Возраст:	35,7 ± 12,7 лет;
Масса тела:	71,8 ± 14,4 кг;
Рост:	166,4 ± 7,1 см;
ПМТ:	25,9 ± 4,9.

Главные выводы, которые можно сделать из данных исследований, заключаются в том, что: (1) между контрольными и загрязненными районами отсутствуют существенные отличия; (2) у советских детей, для которых получены данные, показатели роста и массы тела почти не отличались от данных для американских детей из таких же возрастных групп; (3) в СССР у значительной части взрослых людей, включенных в данное исследование, имеются значения ПМТ, соответствующие категориям "избыточная масса тела" или "ожирение" (табл. 71).

Наблюдения международных экспертов в обследованных районах позволили получить общее впечатление о рационе питания, который, по сравнению с другими развитыми странами, характеризуется относительным дефицитом белков, повышенным содержанием животных жиров и (кроме лета и ранней осени) недостатком свежих фруктов и овощей. Все обследованные в рамках Проекта семьи, кроме одной, потребляли продукты питания, выращенные в собственном саду или огороде, что характерно для сельского населения, но не применимо к городским жителям.

3.7.3.6. Потребление йода

Ссылка на обоснование для изучения потребления йода приведена выше.

Нарушения, вызванные дефицитом йода в организме, из которых зоб является наиболее наглядным симптомом, в настоящее время считаются основной проблемой здравоохранения во многих регионах мира [93]. В детском возрасте дефицит йода в организме может вызвать умственную отсталость или олигофрению, замедленное развитие моторно-двигательных навыков, замедление или остановку роста, вялость, быструю утомляемость, что ведет к меньшей продуктивности в работе. При беременности дефицит йода в организме приводит к выкидышам, мертворождению и ранней детской смертности, а также препятствует нормальному развитию мозга плода. 43-я Всемирная Ассамблея по здравоохранению на своем заседании в Женеве в мае 1990 г. признала, что почти 1 млрд. людей на земле все еще живет в регионах с дефицитом йода, и призвала к устранению последствий такого положения к 2000 году в качестве глобальной задачи здравоохранения.

Из программы международных экспертов по исследованию аспектов *питания*, связанных с обменом йода, была получена информация, основанная на результатах двух методов, а именно, на основе определения йода в пробах рационов питания и в моче. Результаты такого исследования сведены в табл. 72.

Потребности в потреблении йода рассматривались в последнее время различными группами экспертов, а совсем недавно — Всемирной организацией здравоохранения [94]. Для взрослых людей рекомендуется суточное потребление йода с пищей в пределах 120–150 μг. В СССР потребление йода с пищей очевидно составляет лишь около *половины* рекомендованной выше нормы, что позволяет косвенно предположить наличие значительного дефицита йода в рационе питания. С другой стороны, содержание йода в моче составляет в среднем около 11 μг/дл, что *превышает* диапазон значений, предложенных Международным Советом по контролю заболеваний, вызванных дефицитом йода в организме (ICCIDD [93]), что соответствует легкой форме йодной недостаточности. (Средний показатель выведения йода с мочой у этих лиц составил 75 μг/д, что подтверждает результаты анализа его содержания в пище.) Следует также отметить, что выводы группы медицинских экспертов относительно тиреоидных гормонов и размеров щитовидной железы, а именно: отсутствие каких-либо существенных патологических изменений, свидетельствует об отсутствии существенного дефицита йода в организме людей из обследованных групп.

Подводя итог, можно предположить, что поступление йода в организм с пищевыми продук-

тами в целом находится на низком уровне, но не настолько низком, чтобы вызвать при этом симптомы йодной недостаточности. Этот вывод, однако, осложняется тем, что возможны значительные различия в поступлении йода в организм, причинами которых могут быть: (1) различные уровни содержания йода в почве (а следовательно и в пищевых продуктах) в разных районах и (2) различная эффективность выполнения текущей программы йодирования соли.

Последующие исследования, по-видимому, должны прояснить, возможно ли получение положительных результатов в ходе повышения эффективности существующей ныне программы йодирования соли, особенно для групп повышенного риска (беременных женщин и детей), в противном случае выполнение данной программы можно беспрепятственно приостановить.

3.7.3.7. Свинец и другие токсичные элементы

Обоснование для исследования поступления в организм свинца в кратком виде представлено в разделе 3.7.1.

Высокие уровни содержания свинца в крови могут привести к развитию анемии [95]. Однако, анемию нельзя выявить, если содержание свинца в крови ниже 40 μг/дл. Проведенные в последнее время исследования показали, что даже более низкие уровни содержания свинца в крови могут привести к снижению умственнных способностей. Если уровень содержания свинца в крови находится в пределах 10–20 μг/дл, то это приводит к снижению показателя умственного развития примерно на 4 пункта по сравнению с людьми, у которых уровни содержания свинца в крови ниже этого предела [95, 96].

Скрининг населения на выраженную интоксикацию свинцом иногда выполняется путем измерения свободного протопорфирина в эритроцитах. Этот метод анализа не использовался, так как при измерении он дает косвенные показания и не очень чувствителен при измерении уровней содержания свинца в крови, а также поскольку некоторое повышение уровня свободного протопорфирина в эритроцитах может быть характерно для заболеваний талассемией и железодефицитной анемией.

Иногда пользуются методом, который позволяет определить уровень содержания свинца в моче. Данный метод не использовался из-за трудностей, связанных с получением анализов мочи у детей, с предотвращением загрязнения этих анализов и со значительными трудностями в обеспечении доставки большого количества анализов в аналитическую лабораторию.

Группы по выполнению Задач 2 и 5 собирали различные анализы для исследования вероятности загрязнения пищевых продуктов свинцом и другими токсичными элементами. Эти работы включали в себя анализ крови у детей, отбор двойных проб рациона питания (вместе с анализами крови и волос у тех же обследуемых лиц), а также отбор проб небольшого количества отдельных пищевых продуктов. Кроме того, отбирались пробы лишайника для использования их в качестве биоиндикаторов загрязнения окружающей среды.

Анализ крови проводился для детей в возрасте 2 и 5 лет (см. также раздел 2.6.8), поскольку дети младшего возраста являются частью населения с наиболее высокими уровнями содержания свинца в крови при загрязнении окружающей среды свинцом. Обычно это вызывается тем, что свинец поглощается организмом так же как железо или вместо него, и процесс поступления свинца проходит аналогичными путями. Дети младшего возраста, кроме того, проводят много времени на открытом воздухе, играя в песке и грязной почве, при этом грязь с рук часто попадает в рот, что также увеличивает поступление свинца из окружающей среды в организм детей по сравнению со взрослыми. Факторами, иногда усложняющими проблему исследования уровней содержания свинца в окружающей среде, являются присутствие свинца в припое, который используется для запаивания консервных банок с пищевыми продуктами, наличие свинца в красках, применяемых для окраски помещений, и на местных промышленных предприятиях, выбрасывающих в атмосферу содержащие свинец отходы, а также загрязнение среды выхлопными газами автомобилей, использующих топливо со свинцовыми присадками.

В ходе поездок (миссии 8–10) эксперты брали анализы крови у детей для определения содержания свинца в крови. Для анализа содержания свинца в крови могут использоваться пробирки с гепарином, обработанные кислотой, но гепарин неустойчив и разрушается, если пробы крови не хранятся в замороженном состоянии, что приводит к искажению результатов анализа. По этой причине использовались пробирки с ЭДТА. При использовании таких пробирок анализы крови можно хранить в незамороженном состоянии в течение одной недели, хотя в этом случае следует проверить партию пробирок для определения процесса интенсивного выщелачивания свинца из стекла пробирок.

Результаты 185 анализов приведены в табл. 73.

Таблица 73

Анализ содержания свинца в анализах крови у детей в возрасте 2 и 5 лет

Республика	Город	Количество проб	Анализ образцов свинца (μкг/дл)	
			Среднее значение	Диапазон
БССР	Брагин	11	8,8	6–12
	Кировск	21	7,0	5–14
	Чодосы	18	7,3	5–11
	Веприн	11	7,4	5–12
	Корма	24	7,7	4–11
РСФСР	Унеча	15	6,6	4–11
	Сураж	15	7,3	5–11
	Новозыбков	22	7,2	4–21
	Злынка	25	8,9	5–15
УССР	Троковичи	5	7,6	4–13
	Красиловка, Чемер	5	8,4	7–10
	Народичи	8	7,0	5–11
	Полесское	5	6,4	5–8

Таблица 74

Содержание свинца в продуктах питания

Матрица	Населенный пункт	Количество проб	Типовые значения[a] (нетиповые в скобках) (нг/г сухого вещества)
Молоко	Брагин	4	5–25
	Овруч	7	10–30
Картофель и хлеб	Брагин	4	~20
	Новозыбков	2	~50
	Овруч	4	~40
Фрукты и овощи	Брагин	6	80–250 (600)
	Новозыбков	4	100–260 (530)
	Овруч	7	40–240
Грибы	Брагин	1	~1300
	Новозыбков	1	~500

[a] В связи с малым количеством исследованных проб эти показатели дают общее представление об обнаруженных уровнях свинца в организме, но могут оказаться статистически не представленными. Аналитические лаборатории: AUS-1, AUS-2.

Таблица 75

Результаты анализа содержания свинца, кадмия, ртути и бора в различных матрицах

Матрица	Населенный пункт	Кол-во проб	Ед.изм.	Содержание свинца в пробах		Величины для сравнения	Аналитическая лаборатория
				Среднее	СО		
Рацион питания	Брагин	12	мкг/д	25	13	3–510[а]	AUS-1/2, FIN-1, IAEA-2, ITA-2
	Новозыбков	13		49	66		
	Овруч	9		82	128		
	Все	34		49	78		
Кровь	Все	27	мкг/дл	8,9	4,0	0,8–27[б]	SWE-1
Вода	Все	41	мкг/л	2,6	2,6	<50[в]	IAEA-2
Волосы	Брагин	10	мкг/г	3,9	2,9	0,5–2,8[г]	UK-1
	Новозыбков	14		6,5	4,0		
	Овруч	7		6,3	4,9		
	Все	31		5,6	4,0		
Лишайник	Брагин	39	мк/кг	14,6	4,2	3–370[д]	NET-1
	Новозыбков	31		12,6	5,2		
	Овруч	35		21,2	6,4		

Матрица	Населенный пункт	Кол-во проб	Ед.изм.	Содержание кадмия в пробах		Величины для сравнения	Аналитическая лаборатория
				Среднее	СО		
Рацион питания	Все	34	мкг/сут	8,4	8,0	8–200[а]	AUS-1, FIN-1, IAEA-1/2
Кровь	Все	27	мкgr/л	1,1	0,9	0,3–7[б]	SWE-1
Волосы	Все	31	мкг/г	0,4	0,3	0,2–6,5[г]	UK-1
Лишайник	Все	32	мг/кг	0,7	0,4	0,6–21[д]	NET-1
Вода	Все	40	мкг/л	0,20	0,22	<5[в]	IAEA-2

Матрица	Населенный пункт	Кол-во проб	Ед.изм.	Содержание ртути в пробах		Величины для сравнения	Аналитическая лаборатория
				Среднее	СО		
Рацион питания	Все	32	мкг/сут	3,4	2,7	0,7–60[а]	IAEA-1, ITA-1
Кровь	Все	40	мкг/л	2,2	1,5	0,6–59[б]	YUG-1

Матрица	Населенный пункт	Кол-во проб	Ед.изм.	Содержание бора в пробах		Величины для сравнения	Аналитическая лаборатория
				Среднее	СО		
Рацион питания	Все	32	мг/сут	2,0	1,4	1,6[а]	FIN-1
Волосы	Все	31	мкг/г	4,2	2,7	0,8–10[г]	UK-1

[а] См. [100].

[б] См. [101].

[в] Предельно допустимая концентрация в питьевой воде.

[г] Нормативный диапазон аналитической лаборатории для населения Великобритании.

[д] Диапазон аналитической лаборатории для проб, отобранных в Нидерландах.

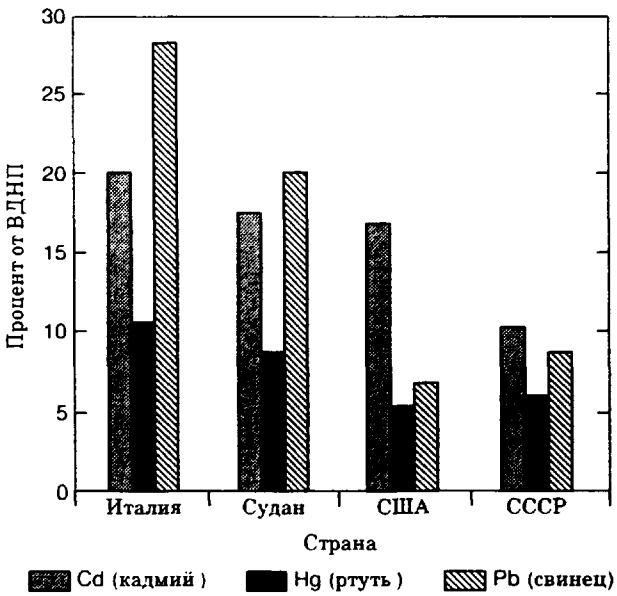


Рис. 89. Поступление токсичных элементов в организм с пищей в СССР по сравнению с некоторыми другими странами. Все значения выражены в процентах, соответствующих Временным допустимым нормам поступления (ВДНП) в организм, принятым ВОЗ и ФАО (рассчитанным для человека с массой тела 80 кг); советские данные из данного исследования; данные для других стран из координационной исследовательской программы МАГАТЭ

Уровни содержания свинца в крови у жителей обследованных населенных пунктов находились в нижней части нормального диапазона значений. Не было выявлено существенных различий между результатами для населенных пунктов, расположенных вблизи АЭС и на значительном расстоянии от станции. Относительно низкие уровни содержания свинца в крови, возможно, вызваны тем, что обследованные населенные пункты типичны для сельской местности. Дети здесь не подвергаются воздействию выбросов промышленных предприятий или выхлопных газов автомобилей, содержащих свинец. Уровни содержания свинца в крови для населения таких городов, как Гомель, могут быть выше тех значений, которые определены для сельских населенных пунктов.

Повышенного содержания свинца в крови обнаружено не было; это свидетельствует о том, что интоксикация свинцом не является угрозой для здоровья людей.

Венопункция для анализа крови выполнялась у произвольно отобранных детей в возрасте 2-х и 5-ти лет. Нормальные значения для данного анализа составляют <29 мкг/дл. Ни один из 185 анализов крови не показал повышенного уровня содержания свинца.

Некоторые результаты исследований содержания свинца и других токсичных элементов в продуктах питания, рационе питания в целом и в других различных пробах сведены в табл. 74 и 75.

Результаты контроля поступления свинца с пищей показали различные значения, но они были достаточно низкими и не вызывали озабоченность. ВОЗ определила временную допустимую норму суточного поступления свинца в организм с пищей, равную 7 мкг/кг массы тела [97]. Для взрослого человека с массой тела 80 кг это значение составит 560 мкг/д. Очевидно, суммарное поступление свинца в организм с пищей значительно ниже приведенной выше цифры. Вот почему загрязнение пищи свинцом, по-видимому, не является проблемой. Этот вывод подтверждается аналогичными низкими величинами содержания свинца в крови, волосах и лишайнике.

Показатели уровней свинца в отдельных продуктах питания существенно различаются (табл. 74), но при этом также отсутствуют какие-либо причины для обеспокоенности. (Следует заметить, что все показатели в этой таблице рассчитаны на основе массы сухого вещества.) Для сравнения, допустимая норма поступления, рассчитанная для взрослого человека с массой тела 80 кг и потреблении 400 г пищевых продуктов в сутки, в пересчете на сухую массу вещества соответствует средней концентрации свинца в продуктах питания и составляет 1400 нг/г сухого вещества.

Уровни содержания свинца в волосах (табл. 75) несколько выше, чем значения для сравниваемой страны (Великобритании), но полностью соответствуют тем значениям, которые предполагалось получить в районах, где широко применяются нефтепродукты со свинцовыми добавками.

В дни сброса свинца в аварийный реактор Чернобыльской АЭС ветер, по-видимому, дул преимущественно в северо-восточном направлении, т. е. в направлении г. Брагина. Поэтому интересно отметить, что величины содержания свинца для Брагина не указывают на наличие проблемы загрязнения окружающей среды свинцом.

Результаты анализов по загрязнению некоторыми другими, представляющими интерес токсичными элементами, а также анализ содержания свинца и кадмия в различных видах проб воды (питьевой и поверхностной), собранных другой группой экспертов, также включены в табл. 75; все значения концентраций этих элементов находятся в пределах нормы.

В целом отмечается незначительное поступление в организм с пищей токсичных элементов (свинца, кадмия, ртути) по сравнению с данными, опубликованными во многих других странах; выявленные значения также находятся

Таблица 76

Результаты анализа содержания железа

Матрица	Населенный пункт	Кол-во проб	Ед.изм.	Содержание йода в пробах		Величины для сравнения	Аналитическая лаборатория
				Среднее	СО		
Рацион питания	Брагин	12	мг/д	13,9	10,1	5,1–47[а]	IAEA-1,
	Новозыбков	13		12,7	6,2		FIN-1,
	Овруч	9		21,3	8,9		ITA-1
	Все	34		15,4	9,0		
Сыворотка	Брагин	16	мг/л	0,88	0,26	0,75–1,5[б]	SWE-1
	Новозыбков	13		0,81	0,30		
	Овруч	10		0,93	0,25		
	Все	39		0,87	0,27		

[а] См. [100].
[б] См. [101].

значительно ниже максимально допустимых норм поступления этих элементов в организм, определенных международными организациями (рис. 89).

3.7.3.8. Поступление в организм железа

Обоснование по исследованию факторов поступления в организм железа в кратком виде изложено в разделе 3.7.1. Основной интерес к проблеме поступления в организм железа связан с железодефицитной анемией.

Железодефицитная анемия является сегодня одним из самых распространенных заболеваний в мире. По данным ФАО/ВОЗ [98], в мире сейчас насчитывается порядка 1,3 млрд. людей, страдающих от анемии, и около половины заболеваний такого рода вызваны недостатком в организме железа. Другие последствия дефицита железа в организме включают понижение работоспособности, рост детской смертности в раннем возрасте (сопутствующая причина в 50% случаев и основная причина в 20% случаев смерти, характерная для некоторых развивающихся государств), замедление внутриутробного роста, малый вес новорожденных и повышенная перинатальная смертность, снижение познавательных навыков у детей и ослабление сопротивляемости организма к заболеваниям.

Группа международных экспертов по оценке питания получила в ходе исследования интересующую их информацию двух видов: о поступлении железа в организм с продуктами питания и концентрации железа в сыворотке крови (анализы крови брались у тех же лиц, которые сдавали двойные пробы своих рационов питания). Обзор полученных результатов исследования приведен в табл. 76.

Результаты наблюдений о поступлении железа в организм с пищей сравнимы с данными, опубликованными в других странах. Однако это не дает оснований предполагать, что железо поступает в необходимых количествах. Биологическая ценность железа в структуре питания довольно значительно меняется в зависимости от характера потребляемой пищи и обычно имеет низкие значения в рационах питания, бедных животными белками. Женщины в периоды менструации составляют группу повышенного риска из-за дефицита железа. Для этой группы средняя основная потребность организма в железе по оценкам ФАО и ВОЗ должна находиться в пределах от 8 до 25 мг/д в зависимости от биологического наличия железа [99]. Очевидно, что если ориентироваться на верхнее приведенное значение, то пищевые продукты в СССР будут характеризоваться недостатком железа. К сожалению пока нет никаких данных о биологической ценности железа в типовом рационе питания советских людей. Однако в целом можно предположить, что этот показатель низок вследствие относительно низкого потребления животного белка, а также, возможно, из-за частого употребления веществ, которые замедляют поступление железа в организм, например, фитат (в черном хлебе) и танин (в чае).

Таблица 77

Результаты анализа содержания цинка

Матрица	Населенный пункт	Кол-во проб	Ед.изм.	Содержание йода в пробах		Величины для сравнения	Аналитическая лаборатория
				Среднее	СО		
Рацион питания	Все	34	мг/д	9,9	4,8	4,2–17,3[а]	FIN-1, IAEA-1/2/3 ITA-1
Плазма	Все	32	мг/л	0,83	0,16	0,7–1,2[б]	SWE-1
Волосы	Все	31	мкг/г	160	44	140–235[в]	UK-1

[а] См. [100].
[б] См. [101].
[в] Нормативный диапазон аналитической лаборатории для населения Великобритании.

Данные по содержанию железа в сыворотке дают ответ на этот вопрос. Общий средний показатель очень низок по сравнению с данными в литературе, и во многих случаях (приблизительно одна треть) индивидуальные показатели находятся в диапазоне, при котором требуется дальнейшее клиническое обследование пациентов.

Таким образом, данные свидетельствуют о высокой вероятности субклинической железодефицитной анемии. Однако, поскольку они основываются на очень незначительном количестве анализов, было бы очень опрометчиво делать определенные выводы. Следует, по-видимому, провести дальнейшие исследования с использованием более информативных диагностических методов (например, тестов на связывающую способность железа сыворотки и на ферритин).

3.7.3.9. Поступление в организм цинка

При разработке задач настоящего Проекта поступление в организм цинка первоначально не рассматривалось как потенциальная проблема. Однако, эта проблема представляет интерес в связи с растущим пониманием того факта, — который также разделяют некоторые советские диетологи, — что высокая степень дефицита цинка в организме может быть гораздо более распространенной, чем считалось ранее [100–102]. Неблагоприятные последствия дефицита цинка в организме — от предельного до нижнего значений — проявляются в замедлении роста, умственной отсталости, нарушении функций клеток иммунной системы, огрублении кожи и нейросенсорных изменениях. Функции этого элемента многочисленны и разнообразны, о чем свидетельствует тот факт, что выявлено более 200 ферментов, для функции которых необходим цинк. Цинк может также быть фактором, способствующим удалению свободных радикалов, что имеет большое значение в связи с устойчивостью организма к воздействию облучения.

В табл. 77 приведены некоторые данные по цинку, полученные по пробам, собранным группой 4. Между тремя обследованными районами не наблюдается значительных различий.

Данные по поступлению цинка в организм с пищей находятся в районе нижней границы диапазона показателей, полученных в других странах. ВОЗ недавно предложила [94] считать среднюю нормальную потребность в цинке равной 7 и 16 мг/д для взрослых в зависимости от биологической доступности. Очевидно, что если в данном случае использовать верхний показатель, то обнаруживается недостаток цинка в исследованном рационе питания советских людей. Так же, как для железа, нет никакой информации о биологической доступности цинка в рационе питания советских людей, но было бы неудивительно, если бы она оказалась настолько низкой, что могла бы вызвать проблемы с поступлением цинка в организм. Более убедительные доказательства предельного содержания цинка имеются в данных по содержанию цинка в плазме, которое довольно незначительно, по сравнению с опубликованными в литературе данными. (С другой стороны, уровни содержания цинка в волосах сходны со значениями, полученными в Великобритании. Однако, волосы, вероятно, не являются характерными биоиндикаторами для цинка.)

Было бы преждевременно делать определенные выводы на основании данных результатов, за исключением вывода о том, что необходимы дальнейшие исследования.

3.7.3.10. Поступление селена в организм

Поступление селена в организм привлекало внимание ученых и общественности [94, 103, 104] во многих странах в последние годы, включая и Советский Союз. В основном известна его роль как части фермента глютатион-пероксидазы, который представляет собой одну из антиоксидантных защитных систем организма. Будучи фактором, способствующим удалению свободных радикалов, он привлекал внимание как возможный препарат для защиты от облучения. (В настоящее время МАГАТЭ участвует в проведении исследования по этой теме в Московском институте биофизики.)

Уровень поступления селена в организм с продуктами питания различается по меньшей мере на два порядка в разных регионах мира. Однако, единственным известным заболеванием, связанным с недостатком в организме селена, является болезнь Кешана, одна из разновидностей кардиомиопатии, которая встречается главным образом у детей и женщин детородного возраста в некоторых районах Китая. В некоторых группах населения также встречается повышенное поступление селена в организм, что приводит к интоксикации [105]. Совсем недавно [106, 107] было установлено, что селен является важным

Таблица 78

Результаты анализа содержания селена

Матрица	Населенный пункт	Кол-во прроб	Ед.изм.	Содержание йода в пробах		Величины для сравнения	Аналитическая лаборатория
				Среднее	СО		
Рацион питания	Все	34	мг/д	63	59	34–132[а]	IAEA-1, FIN-1
Волосы	Все	31	мкг/г	0,78	0,46	0,8–2,5[б]	UK-1

[а] См. [96].
[б] Нормативный диапазон аналитической лаборатории для населения Великобритании.

Таблица 79

Результаты анализа содержания других элементов в рационе питания

Элемент	Область	Кол-во проб	Содержание в пробах (мг/д)		Величины для сравнения[а]	Аналитические лаборатории
			Среднее	СО		
Кальций	Все	34	863	778	210–1650	IAEA-3, FIN-1
Медь	Все	32	0,82	0,56	0,7–4,8	IAEA-2/3, FIN-1
Магний	Все	34	270	131	120–500	IAEA-3, FIN-1
Марганец	Все	34	3,3	2,5	1,8–8,4	IAEA-2/3, FIN-1
Фосфор	Все	34	1326	785	800–2010	IAEA-3, FIN-1
Калий	Все	34	3170	1910	500–4500	IAEA-2, FIN-1
Натрий	Все	34	4670	2800	1900–5480	IAEA-2, FIN-1

[а] См. [100].

Таблица 80

Ответ на вопрос анкеты: Пили ли Ваши дети загрязненное молоко во время или сразу посел аварии?

Ответ	Загрязненные районы		Незагрязненные районы		Всего
	№	Процент	№	Процент	
Да	99	53	121	68	220
Нет	88	47	58	32	146
Всего	187	100	179	100	366

p = 0,00543.

Таблица 81

Ответ на вопрос анкеты: Является ли молоко, которое потребляет сейчас Ваша семья, загрязненным?

Ответ	Загрязненные районы		Незагрязненные районы		Всего
	№	Процент	№	Процент	
Да	117	50	117	53	234
Нет	119	50	104	47	223
Всего	236	100	221	100	457

p = 0,512.

Таблица 82

Ответ на вопрос анкеты: Сколько стаканов молока в день пьют сейчас Ваши дети?

Количество стаканов	Незагрязненные районы		Загрязненные районы		Всего
	№	Процент	№	Процент	
0	2	2	0	0	2
1	35	30	42	31	77
2	43	37	45	33	88
3	10	9	20	15	30
4	9	8	13	9	22
4–10	16	14	16	12	32
Всего	115	100	136	100	251

p = 0,413.

Таблица 83

Ответ на вопрос анкеты: Безопасно теперь пить наше молоко?

Ответ	Незагрязненные районы		Загрязненные районы		Всего
	№	Процент	№	Процент	
Согласны	41	15	39	17	80
Не уверены	111	42	142	60	253
Не согласны	113	43	55	23	168
Всего	265	100	236	100	501

p = 0,00.

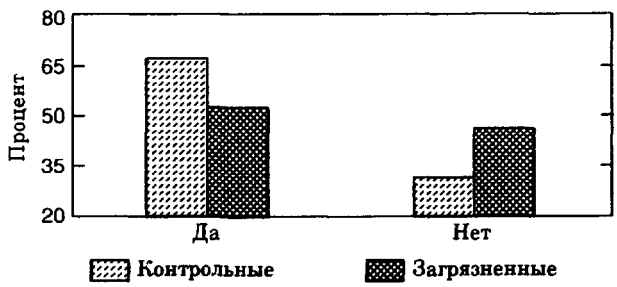


Рис. 90. Количество родителей (в процентах), считавших, что их дети пили загрязненное молоко в 1986 г. p = 0,005, 30% данных отсутствует

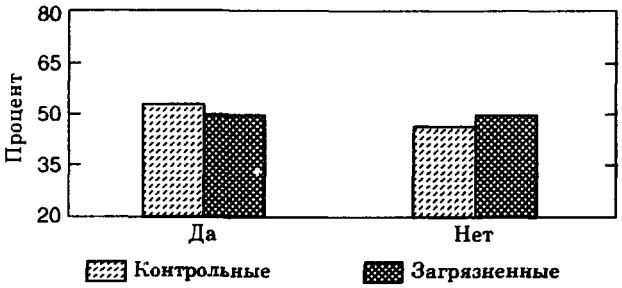


Рис. 91. Количество родителей (в процентах), считавших, что их дети пьют загрязненное молоко в 1990 году. p = 0,512, 10% данных отсутствует

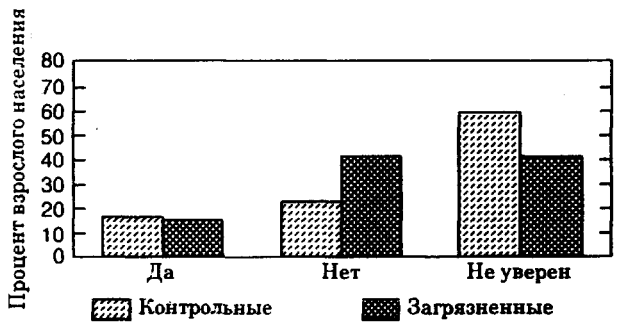


Рис. 92. Количество родителей (в процентах), считавших, что молоко было безопасно для питья в 1990 году. n = 512, p = 0,001

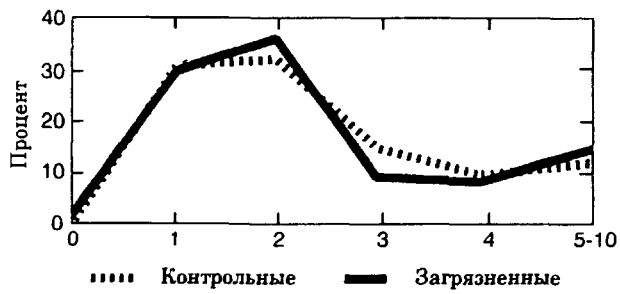


Рис. 93. Количество стаканов молока в день, которое потребляли дети в контрольных и загрязненных населенных пунктах в 1990 году. p = 0,413, 30% данных отсутствует

компонентом фермента дейодиназы, который выполняет роль катализатора выработки Т3 в щитовидной железе. Это позволяет предположить, что селен может также играть роль в развитии заболеваний щитовидной железы и других симптомах дефицита йода в организме.

Поэтому большой интерес представляло исследование данных по селену в образцах, собранных группой диетологов в рамках Проекта (табл. 78.). Между тремя исследованными районами не было обнаружено каких-либо значительных различий.

Данные о поступлении селена в организм с продуктами питания аналогичны данным, полученным в других западных странах, и явно находятся в пределах диапазона безопасных средних величин поступления селена в организм с продуктами питания, предложенного недавно ВОЗ (т. е. 40–400 *мкг/д* для взрослых). Уровни содержания селена в волосах кажутся несколько низкими; это интересно, если учитывать тот факт, что волосы теперь считаются надежным показателем содержания селена.

В целом, однако, эти данные не заслуживали бы дальнейшего обсуждения, если бы не тот

факт, что при анализе крови были получены несколько неожиданные результаты, — а именно, был получен значительный разброс данных, и отдельные величины более чем на порядок превышали ожидаемые результаты. Для данного элемента трудно предположить аналитические ошибки из-за загрязнения проб до проведения анализа.

Эти отдельные исследования были проведены одной аналитической лабораторией и нуждаются в независимом подтверждении. Тем не менее этот факт стоит подчеркнуть, так как имеются сообщения о том, что большое количество препаратов селена было поставлено в районы, которые посетили группы международных экспертов. Информация, полученная нами от финской компании, выступающей в роли торгового посредника, говорит о том, что только в 1990 году в Советский Союз было отправлено более 40 миллионов таблеток, содержащих селен (по 400 таблеток во флаконе, таблетки по 100 μг). Как были распределены эти препараты, не совсем ясно, но предназначались они для отправки в районы, пострадавшие от чернобыльской аварии. Идея объяснения высокого содержания селена в крови (если эти значения будут подтверждены) возможным самолечением этими препаратами селена весьма заманчива. Если дело обстояло именно так, то это очень опасная практика, так как допустимая доза может быть легко превышена. Сейчас ведется поиск дальнейшей информации по этому вопросу, пока же преждевременно делать какие-то выводы.

3.7.3.11. Другие микроэлементы, представляющие интерес с точки зрения поступления в организм с продуктами питания

Данные по содержанию других элементов были получены в результате выполнения программы анализа двойных проб продуктов питания. Данные по некоторым наиболее важным элементам (с точки зрения поступления в организм с продуктами питания) представлены в табл. 79. Ни в одном случае не наблюдалось каких-либо значительных различий между тремя районами, в которые выезжала группа международных экспертов.

Все эти значения находятся в пределах нормы, установленной в других странах, и поэтому не требуют подробного обсуждения, за исключением, по-видимому, двух следующих моментов.

Интересно отметить, что поступление в организм кальция оказалось довольно высоким, что не опровергает теорию нескольких наблюдателей о том, что население, проживающее в районах, пострадавших от чернобыльской аварии, добровольно ограничивает свое потребление молочных продуктов. (Это, разумеется, относится к настоящему времени, а не ко времени сразу после аварии.)

Результаты, полученные при изучении анкет, которые раздали группы экспертов, как в контрольных, так и в загрязненных населенных пунктах, подтверждают это положение. Эти данные приведены в табл. 80–83.

Эти таблицы представлены в графической форме на рис. 90–93.

Опрашиваемым лицам задали вопрос, пили ли их дети "загрязненное" молоко во время аварии или сразу после нее (табл. 80). В целом, "да" ответили 60%, но этот показатель был в незагрязненных населенных пунктах выше (68%), чем в загрязненных (53%). Оба эти показателя довольно высоки, но они значительно отличаются: из этого следует сделать вывод, что высказанные рекомендации были приняты к сведению в загрязненных районах.

Из табл. 81 видно, что в настоящее время 51% жителей (цифра, вызывающая тревогу) считает, что потребляемое их семьей молоко "загрязнено". Между населенными пунктами в загрязненных и в незагрязненных районах здесь различия нет. Можно предположить, что либо не соблюдаются официальные рекомендации (и в тех и в других районах), либо люди не верят в "чистоту" завозимого молока. Следует отметить, что с течением времени практически не произошло никаких изменений в восприятии людьми ситуации в загрязненных районах, и лишь незначительные изменения произошли в незагрязненных районах.

Если говорить о фактическом потреблении молока, то картина приблизительно такая же. Эксперты задавали вопрос: "Сколько стаканов молока ваши дети выпивают в день?" (табл. 82). Потребление составляло примерно 2,5 стакана, и между загрязненными и контрольными населенными пунктами различие отсутствовало. Однако, когда людей попросили согласиться или не согласиться с утверждением, что "наше молоко теперь безопасно для питья", то появились значительные разногласия. В целом согласились примерно 16% опрашиваемых, и реакция была одинаковой и в тех, и в других районах. Однако, намного больше людей из загрязненных пунктов "не согласны", а у населения из незагрязненных пунктов имеется высокая степень неуверенности, то есть 60% ответили "не уверен" (табл. 83).

Учитывая данные по загрязнению молока, полученные группой, выполнявшей Задачу 2, можно сказать, что эти результаты в полной мере

отражают общую неуверенность и недоверие к компетентным организациям, о которых говорилось в предыдущем разделе.

Также интересен тот факт, что потребление натрия оказалось довольно высоким, что, возможно, объясняется тем фактом, что соль широко используется как консервант для пищевых продуктов. В любом случае, эти значения оказались достаточно высокими, чтобы увидеть в них возможную причину артериальной гипертензии у людей, предрасположенных к этому заболеванию. (В США, например, высказывались предположения, что приблизительно 20% населения предрасположено к артериальной гипертензии при уровнях потребления соли выше 6 г в день [108]). Среднее потребление соли у советских людей составляло приблизительно 12 г в день, и, судя по сообщениям, артериальная гипертензия довольно широко распространена в этих районах. Повышенные значения показателя массы тела (ПМТ), полученные в настоящем исследовании (см. табл. 70), как сообщается, также имеют лишь косвенную связь с заболеваемостью артериальной гипертензией [109]. В других странах высокий уровень потребления соли также связан с высокой заболеваемостью раком желудка [110], а это заболевание, согласно сообщениям, является одной из наиболее часто встречающихся форм рака в этой части Советского Союза. Поэтому вопрос о поступлении соли в организм заслуживает, вероятно, дальнейшего изучения применительно к данному населению.

3.7.3.12. Микропримеси органического происхождения

Проводилось исследование анализов женского грудного молока (7 из Брагинского района и 5 из Овручского района) на содержание хлорсодержащих пестицидов. Исследования были выполнены лабораторией МАГАТЭ в Монако (Международная лаборатория радиоактивности моря) с использованием капиллярной-ECD газовой хроматографии.

Данное исследование было проведено с целью дать ответ на вопросы, вызывавшие обеспокоенность у ряда советских ученых относительно того, что в рационах питания жителей районов радиоактивного загрязнения в результате аварии на ЧАЭС также могли содержаться высокие концентрации производных продуктов пестицидов. Женское грудное молоко является надежным индикатором такого рода загрязнения.

Средние концентрации различных хлорсодержащих пестицидов в этих анализах представлены в табл. 84. Результаты сравнения этих показателей с показателями, опубликованными в научной литературе, свидетельствуют о том, что показатели, полученные в СССР, были аналогичными в отношении α-HCH, β-HCH, линдана, pp' DDE, pp' DDT, и несколько ниже для общего уровня

Таблица 84

Микропримеси органического происхождения в женском грудном молоке (нг/г сухой массы вещества)

Вещества	Среднее	СО
ГХБ	0,69	0,22
Линдан	0,94	0,3
α-гексахлоран	1,4	1,1
β-гексахлоран	160	110
Δ-гексахлоран	1,3	0,8
Пара, пара'ДДЕ	240	160
Пара, пара'ДДД	1,6	1,2
Пара, пара'ДДТ	44	30
Орто, пара ДДД	0,41	0,67
Орто, пара ДДТ	0,65	0,61
ДДМУ	0,99	0,41
Гептахлор	0,2	0,1
Алдрин	—	—
Диэлдрин	0,83	0,36
Эндрин	1,6	1,7
α-тиодан	0,49	—
β-тиодан	0,82	—
Тио-тиодан	3,8	5,1
Ароклор 1254	33	10
Ароклор 1260	28	13
Суммарный ароклор	61	20
ПХБ:		
2,2'	1,8	0,33
2,3	1,8	0,62
2,4,2',5'	0,68	0,21
2,5,2',5'	2,1	0,84
2,4,5,2',3'	0,18	0,09
2,4,5,2',5'	2,0	1,0
2,3,4,2',4',5'	3,8	1,9
2,3,6,2',3',6'	0,1	0,1
2,4,5,2',4',5'	5,9	2,7

ароклоров. Поступление этих веществ в организм новорожденных детей при естественном вскармливании будет намного меньше допустимых суточных поступлений, определенных ВОЗ и ФАО.

3.7.4. Краткий обзор по проблеме питания

Данные, полученные из советских источников, указывают на то, что потребление продуктов питания в некоторых загрязненных районах значительно снизилось в течение нескольких месяцев после аварии, но теперь прежний уровень восстановился. Похоже, что эти изменения прошли без отдаленных последствий для параметров соматического здоровья людей.

Во время пребывания в этих районах групп экспертов не было обнаружено каких-либо явных недостатков в снабжении населения основными пищевыми продуктами с допустимыми уровнями загрязнения, они поставлялись в достаточных количествах, чтобы удовлетворить основные потребности населения (с точки энергетической ценности, наличия белков, жиров и углеводов). (Фактически, в одном из населенных пунктов, Ракитном, во время пребывания там группы международных экспертов не было "чистого" молока, однако, как было сообщено, это была временная проблема.) Также не было значительных различий в потреблении продуктов питания между районами с высокой и низкой степенью загрязнения, которые посетила группа экспертов. Антропометрические данные (рост и масса тела) *не* указывают на наличие каких-либо проблем, связанных с гипотрофией, ни у одной из возрастных групп; скорее, наблюдения свидетельствуют об обратном.

Тем не менее, имеются некоторые проблемы питания, которые еще не разрешены для некоторых категорий населения. Эти проблемы относятся в равной степени ко всем районам, которые посетили группы экспертов, и не связаны с чернобыльской аварией. Они включают частые случаи ожирения (возможно, также связанные с высокой распространенностью артериальной гипертензии); это состояние, возможно, отчасти является наследственным, но более вероятно, что оно связано с индивидуальными привычками людей, которые включают в свой рацион большое количество жиров. Также было отмечено большое потребление соли, при котором в других странах установлена статистическая связь с артериальной гипертензией и раком желудка; при этом упомянутые заболевания довольно распространены в этих районах СССР.

Дефицит микроэлементов, по-видимому, также распространен в этих районах. Советскими учеными отмечался определенный дефицит витаминов (но этот вопрос не изучался группой международных экспертов). Однако исследования, проведенные группой экспертов (хотя они и основывались на ограниченном количестве наблюдений), действительно выявили распространенность дефицита йода при его поступлении в организм с продуктами питания по сравнению с действующими в настоящее время критериями ВОЗ (согласно которым среднее потребление йода должно составлять 120–150 мкг в день для взрослых людей). Практическая значимость этого вывода остается неопределенной в свете того (наблюдения проводились медицинской группой), что уровни гормонов щитовидной железы остаются неизменными; выделение йода с мочой было также в пределах нормы. Рекомендуется провести дальнейшее исследование этой проблемы, чтобы выяснить, имеются ли другие менее очевидные нарушения, связанные с дефицитом йода (помимо зоба), особенно у наиболее чувствительных к нему групп населения (беременных женщин и детей).

Возможно, также имеется дефицит других микроэлементов, например, железа, цинка и селена, хотя он явно не проявляется; однако, в некоторых случаях наблюдаемые уровни поступления этих элементов с продуктами питания достаточно низкие и не оправдывают проведение дальнейших исследований в этой области.

Что касается наличия токсичных микроэлементов в пищевых продуктах и в окружающей среде, то все имеющиеся данные свидетельствуют о том, что это *не* является проблемой в районах, которые посетили группы экспертов.

В соответствии с советскими источниками, уже начато осуществление мер вмешательства по преодолению дефицита некоторых микроэлементов. Эти меры включают использование витаминных и минеральных добавок. Хотя они, возможно, оправданы на короткое время, группа МКК все же рекомендует в перспективе попытаться изменить традиционный рацион питания путем включения в него всех необходимых микроэлементов и витаминов, используя легко доступные продукты питания. Для этой цели следует улучшить снабжение свежими (или соответствующим образом законсервированными) фруктами и овощами в зимний и весенний сезоны. С точки зрения рационального питания, следовало бы также изменить привычки таким образом, чтобы снизить потребление соли и уменьшить распространенность ожирения.

Программы выдачи добавок (например, витаминов и минералов) — если уж они считаются

необходимыми — должны сопровождаться контролем за состоянием здоровья населения, в особенности основных групп риска (т. е. детей и беременных женщин). Группа экспертов отметила интерес, который советские ученые проявляют к идее введения селеновых добавок вследствие их предполагаемой эффективности в качестве препарата, защищающего от облучения. Но для осуществления широкой программы в здравоохранении в этом направлении требуются дальнейшие исследования. При этом следует проявлять большую осмотрительность в этом, учитывая опасность, связанную с превышением безопасной нормы потребления (40–400 μг/д для взрослых), особенно если подтвердятся предположения, высказанные в разделе 3.6 о том, что некоторые люди уже занимаются самолечением.

Группы экспертов также отметили (хотя сами и не собирали по этому вопросу статистических данных), что гигиена полости рта находится на очень низком уровне, и что очень распространен кариес зубов. Рекомендуется провести дальнейшее исследование этой проблемы, включая изучение вопроса о том, можно ли ожидать благоприятных результатов от фторирования питьевой воды и/или зубной пасты.

Неполноценное питание может вызвать много последствий для здоровья, начиная от достаточно тривиальных (например, повышенная утомляемость) до серьезных (например, рак). Учитывая меняющуюся ситуацию с питанием в СССР, будет очень трудно отделить последствия для здоровья, вызванные неполноценным питанием, от последствий (если таковые есть) облучения. В любом случае было бы неправомерно начать исследование возможных последствий облучения для населения районов, пострадавших в результате чернобыльской аварии, не учитывая проблемы питания.

Независимо от возможных последствий облучения вопрос о состоянии питания людей, проживающих в загрязненных в результате чернобыльской аварии районах, несомненно является очень важным и требует постоянного наблюдения и исследования советскими учеными. Группа международных экспертов очень рекомендует расширить эту работу, используя современные методы анализа; она также призывает к введению соответствующей программы обеспечения качества, которая могла бы гарантировать сравнимость получаемых результатов. Результаты таких исследований (включая и те, которые уже проведены) должны быть предоставлены для ознакомления мировому сообществу специалистов-диетологов посредством их опубликования в наиболее известных научных журналах.

3.8. Помутнение хрусталика и катаракты радиационной этиологии

3.8.1. Обоснование

Помутнение хрусталика и катаракты радиационной этиологии изучаются уже несколько десятков лет [72]. Нет никаких сомнений в том, что однократное облучение с поглощенными дозами на хрусталик глаза более 2 Гр может вызвать помутнение хрусталика. Если это помутнение достаточно сильное, оно может привести к снижению остроты зрения с последующим развитием катаракты. Катаракта радиационной этиологии наблюдалась у рабочих циклотронных установок, у пострадавших от аварий, связанных с облучением, и у лиц, переживших атомную бомбардировку Хиросимы и Нагасаки [111–116].

В большинстве случаев катаракта становится заметна лишь через несколько лет. По мере увеличения поглощенной дозы период времени до клинического проявления становится все короче. Для определения наличия катаракты радиационной этиологии необходимо исследовать хрусталик глаза на наличие характерных изменений. Радиационная катаракта обычно определяется как центральное подкапсульное помутнение в задней части хрусталика, легко различаемое при помощи щелевой лампы бинокулярного микроскопа или офтальмоскопа. Иногда бывает трудно отличить начальные катаракты радиационной этиологии от обычных форм заболевания по структуре хрусталика. Для этого требуется офтальмолог, имеющий опыт диагностики катаракты радиационной этиологии.

Участникам ознакомительной поездки сообщили, что возможно имелось увеличение количества случаев катаракты. Но не было ясно, являются ли представленные случаи действительно лучевыми катарактами, обычными катарактами или это просто более частое диагностирование обычных сенильных катаракт. Процесс исследования слишком сложен для проведения при выезде в сельскую местность, поэтому план состоял в том, чтобы рассмотреть советские данные и затем привезти туда специалиста по лучевым катарактам для обследования отдельных случаев, диагностированных советскими офтальмологами.

3.8.2. Обзор советских данных

3.8.2.1. УССР

Институт микрохирургии глаза в Киеве выполняет 80% всех операций по катарактам в этом

регионе, и его сотрудники не заметили никакого увеличения случаев катаракты. Считалось[31], что при дозах и мощностях доз, связанных с проживанием за пределами 30-километровой зоны, нельзя ожидать подобных изменений у большинства людей. Некоторые необычные случаи наблюдались у людей, принимавших участие в ликвидации последствий аварии. Первоначально, когда проводилось обследование 1500 детей в Полесском с использованием щелевой лампы, было сообщено о 14 случаях катаракты. Когда приехали специалисты из Москвы, то был подтвержден лишь один случай, а остальные были расценены как норма.

3.8.2.2. БССР

В Минске членам группы сказали, что существует значительная озабоченность по поводу катаракты радиационнной этиологии, но эксперты не получили никаких фактических данных. Было принято решение связаться непосредственно с Институтом радиационной медицины и вызвать специалиста для обследования вызывающих беспокойство больных.

3.8.3. Результаты выездов в загрязненные районы

Офтальмолог из группы экспертов обследовал шесть больных с катарактой в возрасте от 39 до 67 лет (5 мужчин и 1 женщина) в больнице при Институте усовершенствования врачей в Киеве. По его мнению в четырех случаях имелась явно сенильная катаракта, но в пятом случае могла быть и лучевая катаракта. Этот 39-летний мужчина был рабочим с Чернобыльской АЭС, шесть лет назад у него также было повреждение правого глаза, и после этой травмы у него имелась катаракта средней степени. В другом глазе были менее выраженные изменения, локализованные в задней полярной подкапсульной области, с полихромией. В шестом случае было затемнение в эмбриональном ядре, возможно, в этом случае имелось врожденное изменение.

Этот же врач обследовал четверых больных (3 детей в возрасте 6, 4 и 1 года), которые проживали в загрязненном районе во время аварии, и 35-летнего мужчину, который работал на Чернобыльской АЭС. Они проходили обследование в клинике филиала Института радиационной медицины в Минске. У этих пациентов он не обнаружил с помощью щелевой лампы никаких изменений хрусталика.

3.8.4. Краткий обзор по вопросам катаракты радиационной этиологии

Следует предусмотреть проведение длительного медицинского наблюдения за определенной частью населения загрязненных районов. Это касается, в частности, лиц, которые во время аварии были новорожденными. Данные исследований в Хиросиме свидетельствуют о том, что у новорожденных детей вероятность образования катаракты приблизительно в два–пять раз выше при одинаковой поглощенной дозе. Эта особенность прослеживается до 5-летнего возраста.

Фактическая пороговая доза для появления явного помутнения хрусталика составляет около 50 бэр (0.5 Зв) при однократном облучении. Таким образом, для новорожденных детей важную роль может играть однократное облучение с поглощенной дозой на хрусталик глаза 10 бэр (0,1 Зв) или более. При уменьшении эффективности мощности дозы в два раза можно предположить, что могут наблюдаться значимые последствия облучения хрусталика глаза у ребенка при поглощенной дозе более 20 бэр (0,2 Зв).

3.9. Злокачественные новообразования. Общее описание

3.9.1. Обоснование

Многие последствия облучения для здоровья носят неспецифический характер, то есть определенное состояние здоровья нельзя с уверенностью объяснить облучением или какой-либо другой причиной. Для выявления последствий облучения для здоровья необходимо произвести сравнение между одинаковыми по возрасту и полу группами населения, подвергшимися и не подвергшимися облучению. Если обнаружится статистически значимое увеличение распространенности последствий для здоровья людей, подвергшихся облучению, то такое увеличение, вероятно, можно будет объяснить облучением.

Эпидемиологические исследования могут быть перспективными, перекрестными либо ретроспективными. Все исследования должны основываться на точном и хорошо организованном сборе и анализе данных. Основной целью эпидемиологических исследований влияния облучения

[31] Д-р Т.С. Сергиенко (Обнинск).

на здоровье будет поиск новообразований радиационной этиологии [50, 74, 117–120]. Спонтанный уровень злокачественных новообразований у большинства населения составляет примерно 20–30% [121]. Облучение является относительно слабым канцерогенным фактором, и, если эпидемиологические исследования не будут проводиться достаточно точно и тщательно, то выводы могут быть ошибочными. Тщательно проведенные исследования четко продемонстрировали повышение риска возникновения доброкачественных и злокачественных опухолей в результате облучения [122–131].

При изучении радиационного канцерогенеза имеется ряд усложняющих факторов. Повышенный риск появления новообразований, индуцированных облучением, сохраняется в течение многих десятилетий [132]. За это время в возрастной структуре населения могут произойти изменения, кроме того могут измениться условия воздействия других канцерогенов, а также будут достигнуты успехи в диагностике и лечении опухолей. Учитывая все это, необходимо было проанализировать имеющиеся в СССР базы данных, регистры и проведенные эпидемиологические исследования. Особый интерес представляли данные по лейкозам и раку щитовидной железы. Это объясняется тем, что риск лейкоза возникает через несколько лет после облучения. Интерес к проблеме рака щитовидной железы объясняется интенсивным поглощением йода щитовидной железой и значительным выбросом радиоактивного йода во время чернобыльской аварии.

При любом эпидемиологическом исследовании очень важно знать, как взаимодействуют разные канцерогены между собой. При этом огромное значение имеет информация о курении. К сожалению, не удалось получить никаких достоверных данных по этому вопросу. По оценке Институа биофизики из персонала Чернобыльской АЭС курили примерно 70% мужчин и 50% женщин. А в населенных пунктах, по их оценке, курили 80–90% мужчин и 15% женщин.

Еще одной важной проблемой при разработке и проведении какого-либо эпидемиологического исследования является тот факт, что количество раковых заболеваний в каком-либо населенном пункте или районе достаточно мало, и поэтому могут наблюдаться значительные годовые статистические колебания. Например, официальные данные Министерства здравоохранения свидетельствуют о том, что в Брагинском районе Белорусской ССР в 1986 году было 12 случаев лейкоза, в 1987 году — 8 и в 1988 году — 8 случаев.

При расширении обследуемого контингента возникает проблема из-за того, что в него будут включены жители и незагрязненных районов. Очень неоднородное выпадение радиоактивных осадков после чернобыльской аварии вызывает сомнения в том, что в исследование включены лишь подвергшиеся облучению люди.

Как уже отмечалось ранее, возможно изменится частота обнаружения опухолей вследствие большой обеспокоенности по поводу онкологических заболеваний радиационной этиологии и благодаря техническому прогрессу. При любом долгосрочном эпидемиологическом исследовании большие проблемы могут возникать также из-за изменения методов лечения в будущем.

3.9.2. Обзор советских данных

3.9.2.1. УССР

В УССР данные по раку обычно собираются Министерством здравоохранения при помощи специальных карточек для регистрации больных раком, которые заполняются в больницах и онкологических диспансерах на местах. Информация из местных больниц и диспансеров направляется в специальный "Методический отдел" онкологического диспансера области. Все сведения, посылаемые в Методический отдел, проверяются по картам стационарных и амбулаторных больных и т. п. После такой проверки данные направляются в Министерство здравоохранения республики, т. е. в Киев в УССР, и затем в центральное Министерство здравоохранения СССР в Москве. До 1990 года о новых случаях рака сообщалось только по следующим 11 формам рака: рак полости рта, пищевода, желудка, легких, гортани, прямой кишки, кожи, молочной железы, матки, лимфатической и кроветворной системы, а также по "всем другим формам рака". В целом, примерно у 60–70% зарегистрированных больных диагноз был подтвержден при гистологическом исследовании. Начиная с 1989 года Министерство здравоохранения начало разрабатывать таблицы с разбивкой по возрасту, полу и более чем 11 зарегистрированным формам опухолей.

В ВНЦРМ[32] в 1979 году построены деревья данных по возрастному составу населения УССР и загрязненных районов. Уже в то время в загрязненных районах проживало больше пожилых людей, чем в других районах УССР. В настоящее время согласно оценкам в загрязненных районах проживает примерно 40% пенсионеров (мужчи-

[32] Д-р А.Е. Присяжнюк (Киев).

ны старше 60 и женщины старше 55 лет), по сравнению с 20% в других районах УССР.

Что касается сбора статистических данных по онкологическим заболеваниям, то этот вопрос не имел первостепенного значения для терапевтов и хирургов. Поэтому статистические данные явно неполные. Большинство людей умирает дома, а не в больницах. Свидетельства о смерти не обязательно должны подписываться врачами, а могут быть подписаны фельдшером.

ВНЦРМ представил данные о распространенности онкологических заболеваний в Народическом, Полесском и Овруческом районах (население 141 000), по сравнению с УССР в целом.

3.9.2.2. Регистры и сбор данных

Обнинск (Всесоюзный сводный регистр)

В Обнинске имеется компьютерный регистр, в который внесены данные по возрасту, полу, профессии и состоянию здоровья всех людей, подвергшихся облучению. Обычно эвакуированные или переселенные люди попадают в различные населенные пункты в нескольких республиках. Обнинский регистр принадлежит Министерству здравоохранения. Некоторые ученые из республик утверждают, что у них есть уникальные данные, но они отказываются их представить. Еще более сложная проблема заключается в том, что работа эта настолько масштабна, что не хватает людей для обследования всех районов, сбора и анализа данных.

По состоянию на май 1990 года в регистре имелись данные на 531 000 человек. В регистре должна храниться информация о бывших сотрудниках станции, участниках работ по дезактивации, а также о населении, пострадавшем в результате аварии. Что такое "пострадавшее население", не совсем ясно. Некоторые ученые считают, что в Регистр должны вноситься только люди, получившие дозу облучения свыше 5 бэр (50 мЗв). Лица, внесенные в регистр, распределяются следующим образом:

Украинская ССР	46%
Белорусская ССР	28%
Российская Федерация	18%

Для участников работ по дезактивации карточки заполняются либо сотрудниками Чернобыльской АЭС (для тех, кто находится на площадке), либо клиниками по месту жительства для тех, кто вернулся домой в другие районы после окончания работ и ежегодно проходит медицинское обследование.

Сотрудники станции смогли представить данные по количеству лиц, внесенных в Регистр, которые действительно проходили ежегодные медицинские обследования. В 1986 году их количество составило 46%, в 1987 году — 70% и в 1988 году — 71%.

Эти данные передаются в республиканское Министерство здравоохранения и записываются на магнитную ленту. Затем ленты пересылаются в Обнинск, где с них снимается по три копии. Исходная бумажная документация уничтожается через два года.

По состоянию на июль 1990 года, примерно у 70% лиц уже были оценены дозы. Предпринимаются попытки подтвердить эти данные. На июль 1990 года имелся лишь ограниченный доступ к данным. Не было никакой компьютерной сети, так что никто, кроме работников в Обнинске, не имел прямого доступа к данным.

В Регистр внесен непредставительный смешанный контингент населения.

К этим группам населения относятся:

(1) лица, участвовавшие в работах по дезактивации (примерно 200 000);
(2) эвакуированное население из районов, окружающих станцию;
(3) дети, родившиеся у родителей из двух вышеназванных групп.

Примерно три четверти лиц, занесенных в Регистр, проживают в УССР или в БССР, 16% из них — дети.

Так как население, занесенное в Регистр, не является представительным для населения республик в целом, то нелегко сравнивать данные по частоте онкологических заболеваний в этом Регистре с данными или регистрами, имеющимися в республиках. Критерии деления населения на группы по возрасту, полу и социальному положению не одинаковы, а методы сбора и подтверждения данных в разных регистрах тоже различны.

Например, в Обнинском регистре разбивка по возрасту следующая: 16,4% — дети, 5,3% — молодежь и 78,3% — взрослые. По возрастному признаку 88% лиц, занесенных в Регистр, — это люди в возрасте от 25 до 45 лет.

Москва

Врач[33] из больницы 6 Института биофизики в Москве рассказал о регистре на 40 000 людей,

[33] Д-р А.Р. Туков.

участвовавших в работах по ликвидации последствий Чернобыльской аварии, которые в настоящее время работают на других атомных станциях. Эти данные собираются местными больницами и посылаются в больницу 6. 78% зарегистрированных лиц — мужчины. Тридцать процентов — профессионалы. Уровень смертности за 1988 год (2,2 на 1000 человек) был ниже этого уровня для такой же возрастной группы по всему Советскому Союзу (6,7 на 1000 человек), что, возможно,свидетельствует о неполной достоверности фактов, эффекте "здорового рабочего" и т. д.

УССР

В УССР тоже собираются данные по онкологическим заболеваниям, но не путем регистрации факта опухоли. Для регистрации таких случаев Министерством здравоохранения используются только результаты медицинских осмотров.

Были представлены[34] четыре специальных детских регистра, хранящиеся в ВНЦРМ. Эти данные не передавались в Обнинск, так как они предназначены только для "исследовательских" целей. Содержание этих регистров следующее:

(1) 33 000 детей, проживающих в Народическом, Овруческом, Полесском и Иванковском районах, которые находятся под наблюдением.
(2) 5100 детей, которые находятся под специальным наблюдением, так как предполагаемая доза облучения щитовидной железы у них превышает 2 Гр. Было указано, что 47% этих детей проживают теперь за пределами контролируемых зон. На единственной имеющейся там карте выпадений радиоактивного йода показаны изодозные кривые "гамма-фонов" измерений.
(3) 6000 детей, эвакуированных из 30-километровой зоны. Из 30-километровой зоны было эвакуировано не менее 20 000 детей, так что этот регистр неполный. Вероятно, есть и некоторые дублированные данные в регистрах, то есть дети из 1 или 3 регистра фигурируют и во 2-ом.
(4) Дети родителей, получивших дозу облучения свыше 0,25 Гр. В основном это дети жителей УССР, участвовавших в работах по дезактивации (989 детей). Сюда также включены 15 детей лиц с острой лучевой болезнью.

БССР

Данные, полученные клиникой Института радиационной медицины АМН СССР в Минске, направляются на места врачам, которые должны при необходимости переслать их в Регистр в Обнинск. Из-за этого могут возникать сложности с поступлением данных в Регистр.

Эпидемиолог из Института онкологии в Минске[35] сказал, что ведение Регистра онкологических заболеваний является "обязательным". В 1990 году начались работы по компьютеризации Регистра. Данные по относительной и абсолютной заболеваемости раком поступают к ним непосредственно из районных диспансеров. В каждом районе обычно имеется один-два или более таких диспансеров. Поступающие данные распределяются по возрасту (с 5-летними интервалами) и полу, а также по кодам ICD и MKS 9. Эта работа проводится начиная с 1979 года.

Так же, как и в УССР, фельдшер может подписать свидетельство о смерти. Этот факт, а также тот, что многие больные умирают дома, снижает надежность данных по смертности. Поскольку эти факты всем известны, то сообщаются данные только по частоте заболеваний. Отсутствуют данные по распределению болезней по возрастным группам и полу по районам. Поэтому результаты сообщаются в форме числа случаев заболеваний на 100 000 человек населения, а не по возрасту и полу.

Руководитель отдела эпидемиологии неинфекционных заболеваний Института радиационной медицины[36] в Минске начал выполнять программу сбора данных по состоянию здоровья населения в 1987 году. Его группа пытается ретроспективным способом собрать данные по состоянию здоровья населения с 1979 по 1987 годы. Сюда включены такие формы заболеваний, как сердечно-сосудистые, заболевания уха, горла и носа, легких, желудочно-кишечного тракта и сахарный диабет. Данные по заболеваемости они получают из больниц. Каждый раз, когда больной приходит в больницу с каким-либо заболеванием, это регистрируется как посещение за этот год с этой формой заболевания. Было не совсем понятно, как регистрируют, например, данные, полученные у человека с одним заболеванием, но обратившегося в больницу в течение 1 года несколько раз, или человека, страдающего несколькими заболеваниями, но обратившегося в больницу только один раз за год.

[34] Д-р В.Н. Бугаев.

[35] Д-р А.Е. Океанов (Минск).

[36] Д-р А. Мошик.

Эти авторы сообщили об увеличении случаев этих заболеваний, но не знали, было ли это результатом более частых, чем обычно, обращений к врачу (из-за озабоченности по поводу облучения), более частой диагностики заболеваний врачами или каких-либо других причин. При изучении данных о распространенности какого-либо заболевания в районе иногда обнаруживалось неожиданное увеличение количества обращений с определенным заболеванием в какие-то годы (часто это было четырехкратное увеличение или около того), которое на следующий год исчезало. Это объяснялось тем, что в эти годы в эти районы приезжали группы специалистов, которые всегда ставили больше диагнозов по своей специальности, чем до или после этого обследования.

РСФСР

Не было предоставлено никакой информации.

3.10. Лейкозы

3.10.1. Обоснование

Риск развития острого лейкоза или хронического миелолейкоза увеличивается при облучении костного мозга. Избыточный риск наиболее велик через 5–15 лет после облучения. Степень избыточного риска увеличивается в зависимости от поглощенной дозы. Очень важно, в каком возрасте человек подвергается облучению, и очевидно, что начальный риск выше для людей, подвергшихся облучению в возрасте до 20 лет. Риск для этих лиц, однако, со временем снижается быстрее, чем у лиц, получивших дозу облучения в более старшем возрасте [133–137].

НКДАР ООН (1988) [74] рассчитал риск развития лейкоза (за исключением хронического лимфолейкоза) как увеличение смертности в течение жизни на 9,7 случаев (на 1000 человек) при дозе облучения от ЛПЭ источника 1 Гр/орган тела и при высокой мощности дозы.

Как уже отмечалось ранее, данные по заболеваемости лейкозом трудно собрать, так как в большинстве районов эти данные собирались под общим названием "лейкоз/онкологические заболевания кроветворной системы". Таким образом, большинство данных касается лимфом и других новообразований, а также лейкоза.

Как уже отмечалось ранее, даже при наличии данных по лейкозу малое количество случаев в каком-либо определенном районе создает сложности для статистического анализа. Сведения о клеточной форме лейкоза имеют огромное значение, так как считается, что хронический лимфолейкоз не вызывается облучением. Например, в Брагинском районе в Белоруссии в 1988 году было зарегистрировано 14 случаев "лейкоза/рака кроветворной системы". Из них в 8 случаях был лейкоз. Из этих случаев лейкоза в 6 имелся хронический лимфолейкоз. Таким образом, из исходных 14 случаев, указанных в этой категории, только 2 случая (или менее 20%) представляют интерес с точки зрения изучения лейкоза радиационной этиологии.

3.10.2. Обзор советских данных

3.10.2.1. УССР

ВНЦРМ[37] сообщил, что в настоящее время его специалисты ведут поиск случаев лейкоза при обследовании группы риска, выделенной по маркерам хла. По этим проблемам проводится совместная работа[38]. Согласно данным по загрязненным районам заболеваемость лейкозом там не повысилась. Например, в Киевской области было примерно 34–46 случаев лейкоза в год, и ничто не указывало на тенденцию к повышению. Все эти случаи были подтверждены при гистологическом исследовании костного мозга и обследовании в Институте гематологии. В 70% всех случаев имелся острый миелобластичный лейкоз. В этой области проживают 590 000 детей.

Еще один ученый из ВНЦРМ[39] сказал, что среди маленьких детей после аварии не наблюдалось увеличения случаев лейкоза. В 1989 году в Киевской области в 57% всех случаев рака лимфатической/кроветворной системы были лейкозы. Эти ученые провели специальное исследование в трех загрязненных областях. Уровни заболеваемости по категории рак лимфатической/кроветворной системы представлены в табл. 85.

Другие данные по фактическому количеству случаев лейкоза/рака крови в загрязненных районах Украинской ССР, полученные в Министерстве здравоохранения, выглядят следующим образом:

Район	1985	1986	1987	1988	1989
Полесское	—	—	—	1	1
Иванково	—	—	—	—	1
Овруч	2	2	1	2	2
Народичи	—	—	—	—	1

[37] Д-р В.Г. Бебешко.

[38] Профессор Глузман.

[39] Д-р А.Е. Присяжнюк.

Таблица 85

Распространенность рака лимфатической системы/системы крови в трех загрязненный районах

Год	Распространенность на 100 000 человек		
	В трех загрязненных районах		Распространенность на всей территории УССР
	Распространенность	Кол-во случаев	
1980	4,9	8	11,0
1981	5,6	9	12,0
1982	13,3	21	12,1
1983	11,5	18	12,5
1984	12,4	19	12,6
1985	8,6	13	13,4
1986	10,1	16	13,0
1987	16,6	24	14,1
1988	16,4	23	15,0
1989	15,8	22	15,0

По 1989 году в Министерстве здравоохранения имеется даже меньше сообщений о случаях рака. Возможно, это результат неполной передачи информации.

Заболеваемость раком лимфатической и кроветворной системы на 100 000 человек, представленная в Обнинском регистре, следующая:

19 (1987) 69 случаев
25 (1988) 90 случаев.

Есть сравнимые данные по:

Всей УССР[40]

12,1 (1982)
15 (1989)

Овруч, Народичи и Полесское

13,3 (1982)
17,8 (1989)

Всей БССР[41]

15,8 (1989)

Таким образом, по общей категории лейкоза/рака кроветворной системы показатели заболеваемости, представленные в Обнинском регистре, выше, чем в каких-либо других данных, представленных на рассмотрение группам экспертов в рамках Проекта. Возможно, это объясняется необъективной передачей информации или занесением в регистры разных возрастных групп. Данные за 1989 год по УССР и БССР сходны с данными, представленными по Восточной Европе (15,8 в ГДР, 7,1 в Венгрии, 15,4 в г. Кракове в Польше).

3.10.2.2. БССР

Эпидемиолог из Гомеля сообщил, что количество случаев лейкоза составляло примерно 42 в 1980 году, 67 в 1983 году и 43 в 1988 году.

Онкологический регистр был создан[42] в БССР в 1975 году. Заболеваемость раком лимфатической и кроветворной систем (общая) в БССР повысилась с 11,4 на 100 000 человек в 1985 году до 15,8 в 1989 году. Этот прирост за период с 1985 по 1989 годы был более заметен в сельской местности (с 11,4 до 17,9 на 100 000 человек), чем в городах (с 11,4 до 14,8 на 100 000).

[40] Д-р А.Е. Присяжнюк (Киев).

[41] Д-р А.Е. Океанов (Минск).

[42] Д-р А.Е. Океанов (Минск).

Таблица 86

Распространенность заболеваний щитовидной железы у населения Маршалловых островов, подвергшегося воздействию радиоактивных осадков

Группа	Возраст в момент облучения	Кол-во лиц	Доза (Гр)	Распространенность (%)		
				Гипотиреоза	Узлового зоба	Рака щитовидной железы
Атолл Ронгелап	1	6	>15	83	67	0
	2–9	16	8–15	25	25	6
	10 и >	45	3,4–8	9	13	7
Атолл Алинганэ	<10	7	2,8–4,5	0	29	0
	10 и >	12	1,4–1,9	8	33	0
Контрольные	<0	229	0	0,4	2,6	0,9
	10 и >	371	0	0,3	7,8	0,8

3.10.2.3. РСФСР

Не сообщалось ни о каком увеличении количества случаев лейкоза в загрязненных районах за период с 1986 по 1989 годы[43].

3.10.3. Краткий обзор по случаям заболевания лейкозом

Представленные на рассмотрение данные не подтверждают заявления о том, что имеется явный и значительный рост заболеваемости лейкозом в загрязненных районах. С другой стороны, нельзя исключать того факта, что некоторый рост заболеваемости мог иметь место, но прошел незамеченным.

В основном эта неопределенность вытекает из того факта, что лейкоз объединили в одну категорию с "раком кроветворной системы", а к этой категории относится много других форм новообразований, помимо лейкоза. Кроме того, для правильного анализа необходимо иметь информацию о клеточной форме лейкоза. Она необходима, так как считается, что хронический лимфолейкоз не вызывается облучением. А таких данных по подкатегориям в большинстве случаев не было.

[43] Д-р П.В. Рамзаев (Ленинград).

3.11. Новообразования в щитовидной железе

3.11.1. Обоснование

В результате чернобыльской аварии имел место значительный выброс в атмосферу радиоактивного йода. В ряде загрязненных населенных пунктов наблюдалось увеличение количества случаев появления карциномы щитовидной железы и узлового зоба [50–54, 138–142].

В 1954 г. на Маршалловых островах произошло выпадение радиоактивных осадков в результате испытаний термоядерной бомбы "Браво", при котором пострадало население. Доза облучения щитовидной железы формировалась за счет внешнего гамма-облучения, а также радиоактивного йода, поступившего внутрь организма ингаляционным путем. Дозы, полученные в результате воздействия короткоживущих радионуклидов (йод-132, 133 и 135) были предположительно в 2–3 раза выше доз от йода-131. Первый случай гипотиреоза был зарегистрирован спустя 8 лет после облучения, а первая опухоль щитовидной железы была обнаружена у молодой девушки через 9 лет после испытания бомбы. И хотя сейчас, через 27 лет после облучения, довольно трудно дать реальную оценку полученных доз, распространенность гипотиреоза и других заболеваний, выраженная в процентах, представлена в табл. 86.

Данная информация и другие исследования свидетельствуют о том, что воздействие радионуклидов йода на человеческий организм носит долговременный характер. Имеется ряд факторов, затрудняющих использование опыта и данных, полученных на Маршалловых островах, для оценки последствий чернобыльской аварии. Первым из них является наличие случаев "скрытого" рака щитовидной железы. По-видимому, такие патологические изменеия в щитовидной железе имеются не менее, чем 10% случаев, но с биологической точки зрения, как полагают, они имеют доброкачественный характер, и нецелесообразно принимать их во внимание. Как правило, такие опухоли не рассматривают при проведении анализов, но при этом необходима обстоятельная и тщательная экспертиза указанных заболеваний щитовидной железы, которая бы позволяла отличать их от других случаев рака.

Следует также учесть результаты работ, проведенных шведскими учеными по контролю состояния здоровья пациентов, которых облучали радиоактивным йодом-131 с диагностическими целями. Ни в одном из случаев не было отмечено увеличения размеров щитовидной железы. С учетом этого вполне возможно, что поступление внутрь йода-131 значительно менее опасно, чем получение тех же доз в результате внешнего облучения. Основными факторами здесь, по-видимому, являются мощность доз или коэффициент пространственного распределения.

Очевидно, что образование узлового зоба, а также возникновение раковых опухолей происходит по истечении достаточно значительного времени после облучения и вообще крайне редко наблюдается в первые 5 лет после облучения. Опыт прошлых исследований говорит о том, что наблюдения за облученным населением следует проводить в течение нескольких десятилетий.

На основании анализа специальной литературы можно сделать общие выводы. Подверженность раку щитовидной железы радиационной этиологии наиболее высока, когда облучение произошло в детском возрасте. При этом у тех детей, которые подверглись облучению до наступления половой зрелости, опухоль, как правило, можно обнаружить только после наступления половой зрелости. Женщины в 2–3 раза более подвержены заболеваниям раком щитовидной железы (радиационной и спонтанной этиологии), чем мужчины. То же самое можно сказать и в отношении образования узлового зоба. Заболеваемость гипотиреозом и обычным зобом выше в тех случаях, когда облучение щитовидной железы происходит в молодом возрасте. Рак щитовидной железы радиационной этиологии бывает, как правило, папиллярного типа. Считают, что гормональная стимуляция щитовидной железы способствует появлению новообразований [143].

В 1988 году НКДАР ООН [118] определил, что только 5–10% общего числа случаев рака щитовидной железы радиационной этиологии могут иметь летальный исход.

3.11.2. Обзор советских данных

3.11.2.1. УССР

В одном из сообщений[44] приводились данные о том, что из пяти случаев опухолей щитовидной железы, выявленных после аварии, только в одном из них был подтвержден диагноз рака при гистологическом исследовании.

Специалисты ВНЦРМ (г. Киев) сообщили, что с момента аварии в загрязненных районах было выявлено 4 случая рака щитовидной железы. В двух случаях был поставлен диагноз недифференцированной карциномы (возникновение которой обычно не связано с радиацией). Было также определено[45], что в 1989 году распространенность рака щитовидной железы и гипотиреоза осталась на прежнем уровне. В октябре 1990 года поступило сообщение о 10 случаях рака щитовидной железы, из них 5 — в УССР и 5 — в БССР. К настоящему времени нет ясности, какие гистологические препараты анализировались в Москве; тем не менее, сложилось мнение, что эти препараты не из УССР. Но, очевидно, работа по подтверждению диагноза опухолей щитовидной железы проводилась именно на Украине[46]. Гистологические препараты по каждому из случаев находятся в Институте эндокринологии.

Специалисты ВНЦРМ представили данные о том, что за период с 1980 по 1989 годы в трех из загрязненных районов было зарегистрировано 17 случаев рака щитовидной железы. Средний уровень заболеваемости раком щитовидной железы составил 1,1 на 100 000 человек в год. Самому молодому пациенту, обратившемуся за помощью до 1990 года, было 18 лет. В первые шесть месяцев 1990 года было выявлено 5 новых случаев рака щитовидной железы, при этом 2 из них были зарегистрированы у детей в возрасте до 10 лет. Неясно, проводилось ли в этих случаях гистологическое исследование. Каких-либо других сравнимых данных по распространенности

[44] Д-р Румянцев (Москва).

[45] Д-р Чебан (Киев).

[46] Профессор Н.Д. Тронко (Киев).

рака щитовидной железы в других областях УССР не имеется. По трем загрязненным районам имеется следующая распространенность рака щитовидной железы на 100 000 человек:

1985 г.	0,8	(1 случай)
1986 г.	0,8	(1)
1987 г.	2,3	(3)
1988 г.	2,4	(3)
1989 г.	0,0	(0)
1990 г.	4,5	(за полугодие только 5 случаев)

На конец 1990 года было зарегистрировано 20 случаев рака щитовидной железы у детей в УССР. Из них одиннадцать проживали в незагрязненных населенных пунктах.

3.11.2.2. БССР

Гомельские врачи сообщили о двух случаях рака щитовидной железы у детей в их области, однако при этом они не указали конкретное время начала заболевания и исходные уровни заболеваемости.

Ни одной из групп в рамках Проекта не удалось получить данные по распространенности узлового зоба, как среди населения загрязненных, так и чистых районов.

3.11.3. Краткий обзор данных по новообразованиям щитовидной железы

Как и в случае лейкоза, на основании представленных и изученных данных был сделан вывод об отсутствии медицинской информации, подтверждающей рост заболеваемости раком щитовидной железы в результате воздействия облучения. Метод сбора данных, при котором рак щитовидной железы относится к категории "прочие онкологические заболевания", очень затрудняет определение имевших место исходных показателей распространенности данного заболевания. Большинство сообщений о заболеваниях раком щитовидной железы носили несерьезный характер, в них не содержалось сведений об объеме обследованной популяции, из которой были взяты эти случаи, и их распределению по возрастным группам.

И аналогичным образом, характер представленной информации не дает оснований исключить возможность увеличения числа случаев рака щитовидной железы. В итоге, приходится исходить из того, что случаи рака щитовидной железы, наблюдавшиеся в других группах, подвергшихся облучению, не были выявлены в первые 10 лет после воздействия облучения, при этом они имели особое гистологическое строение. С учетом этого, можно рекомендовать провести подбор и исследование гистологических препаратов в тех случаях рака щитовидной железы, о которых сообщалось или сообщается, с учетом значительного выброса радиоактивного йода в окружающую среду; во время аварии следует ожидать появления избыточных случаев рака щитовидной железы радиационной этиологии в последующие десятилетия. Риск связан с дозами облучения щитовидной железы, полученными в первые месяцы после аварии, и переселение в незагрязненные районы в более позднем периоде не окажет на него существенного влияния.

Распространенность рака щитовидной железы следует также оценивать с учетом районов возможной зобной эндемии. Хотя в некоторых районах зобной эндемии была обнаружена высокая распространенность рака щитовидной железы, имеются данные о том, что заболеваемость раком щитовидной железы выше в странах, где эндемический зоб практически отсутствует. Различные формы рака щитовидной железы отличаются по своей гистологической структуре, и картина может быть различной на различных гистологических срезах. Лечение тиреостатическими препаратами может привести к такому изменению гистологических данных в случаях доброкачественного зоба, при котором специалист-гистолог вполне может отнести его к разряду злокачественных. Достаточно сложно установить диагноз рака щитовидной железы в районах зобной эндемии при использовании обычных методов. Однако, для районов, прилежащих к Чернобылю, зобная эндемия не характерна.

Одной из самых сложных проблем до сих пор остается выбор метода диагностики, определения и лечения "узлового зоба". Более ранние исследования основывались на результатах физикального обследования; при этом учитывались только узлы, диаметр которых составлял 1 см и более. С помощью ультразвукового исследования можно обнаружить гораздо меньшие по размеру структурные изменения, расположенные в глубине щитовидной железы. С тем, чтобы проводимый анализ имел более последовательный характер, обычно регистрируются патологические изменения размером 0,5 см или более. Значимость этих изменений и способы их лечения до сих пор не определены. В любом случае, нецелесообразно проводить биопсию каждого патологического изменения щитовидной железы, выявленного при помощи ультразвукового исследова-

ния, т. к. в подавляющем большинстве случаев они имеют доброкачественный характер, даже у населения, подвергшегося воздействию радиоактивного йода.

3.12. Другие формы новообразований

3.12.1. Обоснование

Факт увеличения распространенности рака в результате воздействия ионизирующей радиации был установлен почти сто лет назад. За последние 10 лет были опубликованы данные целого ряда исследований по определению характера этих взаимосвязей. Проблема заключается в том, что опухоли радиационной этиологии не имеют особого клеточного строения и по гистологическому строению ничем не отличаются от спонтанных опухолей. Последним международным документом по радиационному канцерогенезу является отчет НКДАР ООН за 1988 г. "Источники воздействия и степени риска, связанные с ионизирующей радиацией" [118]. В данном докладе число ожидаемых избыточных случаев смерти в течение всей жизни составило 71 случай на 1000 человек, получивших дозу облучения 1 Гр при облучении с низкими ЛПЭ, но с высоким уровнем мощности доз. При низком уровне мощности риск будет, по-видимому, в два раза меньше.

Чувствительность различных органов человеческого организма к радиационному канцерогенезу различна. Такие органы, как легкие, желудок, костный мозг, толстая кишка и молочная железа, являются относительно чувствительными (в убывающем порядке соответственно). Облучение некоторых органов, по-видимому, вызывает либо нулевой, либо очень незначительный риск (например, поджелудочной железы, матки и хронических лимфолейкозов). Для опухолей, обычно развивающихся у взрослых людей, латентный период составляет 10 (и более) лет с момента облучения и до момента появления клинических признаков опухоли. Исключения в данном случае представляет лейкоз и рак костей, для которых минимальный латентный период составляет 2–5 лет.

Как врачи, так и представители прессы и общественности отдают себе отчет в том, что существует взаимосвязь между развитием рака и облучением. Особенности характера этой взаимосвязи часто непонятны большинству населения. Очевидно, что у общественности через средства массовой информации во многих случаях формировалось мнение о значительном повышении заболеваемости раком среди населения загрязненных районов; лишь в отдельных случаях поступала информация об отсутствии увеличения случаев рака. Интересно отметить, что представленные замечания и понимание проблемы учеными, врачами и другими людьми, с которыми эксперты встречались в различных населенных пунктах, существенно отличались в оценке увеличения случаев рака, а также форм рака.

К примеру, во время первой поездки экспертов врачи Брагинского района сообщили об отсутствии увеличения случаев рака после аварии. С другой стороны, в населенном пункте Овруч сообщалось об увеличении случаев карциномы желудка, лейкозов и лимфом.

Группа по оценке последствий аварии на здоровье поставила перед собой задачу получить и проанализировать всю имеющуюся информацию по распространенности злокачественных новообразований в загрязненных и в контрольных районах в трех республиках.

3.12.2. Анализ советских данных

3.12.2.1. УССР

Сообщалось, что в загрязненных районах[47] основными формами рака у мужчин являются рак легких и желудка. Для остальной части населения УССР в уменьшающемся порядке наиболее распространенными формами рака были рак легких, кожи и желудка. Для УССР скорректированные на возраст уровни заболеваемости раком до и после 1980 года для мужчин составили приблизительно 300/100 000 и для женщин 200/100 000.

Для женщин наиболее распространенными формами рака являются (в убывающей последовательности): рак шейки матки, кожи и молочной железы. Имеются данные, что в Полесском районе у жителей чаще встречались случаи рака гениталий, чем у населения прилегающих районов. Однако этот факт был зарегистрирован задолго до аварии.

Была также представлена информация по временному фактору и различной распространенности по районам на территории УССР для 11 форм рака за период с 1980 по 1989 гг. В целом распространенность всех форм рака за этот период времени возросла с 250/100 000 до 300/100 000. Предполагалось, что это увеличение было отчасти связано с фактором старения населения (поскольку за период с 1981 по 1989 гг. возраст больных при установлении диагноза увеличился с

[47] Д-р А.Е. Присяжнюк (Киев).

61 до 65 лет). К сожалению, представленная информация не могла быть стандартизована по возрасту. Отчасти увеличение распространенности всех форм рака было связано с ростом количества случаев рака легких. Географическое распределение рака легких на территории УССР четко определено. Рак легких чаще встречается у городских, чем у сельских жителей, причем это особенно характерно для северных областей УССР, в одной из которых расположена Чернобыльская АЭС. Ранняя диагностика и повышение качества выявления заболеваний могут иметь значение для объяснения указанного повышения заболеваемости. В 1989 г. в большем числе случаев диагноз рака был установлен на более ранней стадии, чем в 1980 г. (42% на стадиях 1 и 2 по сравнению с 30% в 1980 г.).

Имеется отчет об исследованиях[48], проведенных в трех наиболее загрязненных районах УССР (Народичи, Овруч и Полесское) с общей численностью населения 100 000 и 140 000 в 1989 г. Данные для этих исследований были взяты непосредственно из клинических и онкологических историй болезни, также были учтены все свидетельства о смерти для получения информации о новых случаях рака. Таким образом удалось получить более подробную информацию по установленным диагнозам по сравнению с той, которая использовалась специалистами Министерства здравоохранения СССР, и отделить случаи рака щитовидной железы и лейкоза от прочих форм рака. В 60–70% случаев рака диагноз был подтвержден при гистологическом исследовании.

В исследовании сравнивалась собранная информация по случаям рака в трех районах с той, что была представлена в Министерство здравоохранения по этим же районам. Оценки по полноте данных Министерства здравоохранения показали, что она составила 80% в 1980 году, данные становились более подробными с каждым последующим годом, и их полнота составила 95% в 1988 году. Очевидно, наличие более полных данных будет выглядеть как увеличение распространенности рака, хотя в действительности такого роста не происходило. Тенденции распространенности всех форм рака аналогичны таковой на территории всей УССР.

3.12.2.2. БССР

В населенном пункте Корма врачи высказали обеспокоенность в связи с риском отдаленных последствий облучения и ростом онкологической заболеваемости у колхозников, особенно рака горла,легких, желудка и печени. При этом отсутствовала информация по конкретному числу заболеваний в каждом году.

В Гомеле эпидемиологи зарегистрировали рост числа трудных для диагностики форм рака. По-видимому, это означало, что заболевания были выявлены на более поздней стадии, и эпидемиологи объясняют это тем, что население часто отказывалось проходить рентгенологические обследования после аварии. Эти данные отличались от информации, полученной из других мест.

Основными формами рака у мужчин в БССР являются рак легких и желудка. Количество заболеваний может быть в два раза выше в одном из районов, чем в другом. Количество случаев рака в каждом из районов БССР (рост на 100 000) возросло за периоды с 1976 по 1980, с 1981 по 1985, с 1986 по 1989 гг. Ни для одной из форм рака не было зарегистрировано снижения их уровня ни до, ни после чернобыльской аварии. Советские ученые считают, что причиной этого стал учет сообщений о случаях рака "in situ" и предраковых состояний, улучшение диагностики рака, повышение уровня загрязнения окружающей среды нерадиоактивными веществами и т. д.

К сожалению, данные о случаях лейкозов у детей и взрослых людей не были разделены, как впрочем и по другим формам опухолей (лейкозам и лимфомам). Имеется ограниченная программа по подтверждению результатов, которая свидетельствует о том, что в 15% случаев необходима корректировка диагнозов.

3.12.2.3. Обнинск

Были получены следующие предварительные данные с компьютера в Обнинске:

Все случаи рака/100 000

Обнинский регистр

136	(1987)	Всего 471 случай
153	(1988)	Всего 542 случая.

Эти показатели ниже полученных из республик; возможно это следует из того, что в Обнинский регистр была внесена группа людей, проводившая работы по дезактивации, относительно молодого возраста. Другим объяснением может быть неполнота представленных данных. По

[48] Д-р А.Е. Присяжнюк (Киев).

Таблица 87

Распространенность злокачественных новообразований (по данным Министерства здравоохранения СССР)

Область		Распространенность на 100 000 человек				
		1985	1986	1987	1988	1989
Гомельская	Лимфатической системы/ кроветворной системы	9,8	11,3	12,3	14,8	13,1
	Общее количество злокачественных новообразований	996	1052	1123	1184	
Могилевская	Лимфатической системы/ кроветворной системы	9,8	11,3	12,3	13,6	
	Общее количество злокачественных новообразований	1046	1077	1124	1142	
Вся БССР	Лимфатической системы/ кроветворной системы				—	
	Общее количество злокачественных новообразований				1031	
Брянская	Лимфатической системы/ кроветворной системы	10,3	10,8	10,2	13,1	
	Общее количество злокачественных новообразований	1323	1394	1419	1432	
Вся РСФСР	Лимфатической системы/ кроветворной системы				11,0	
	Общее количество злокачественных новообразований				1024	
Киевская	Лимфатической системы/ кроветворной системы	10,7	10,8	12,9	14,0	16,0
	Общее количество злокачественных новообразований	1253	1316	1293	1337	
Житомирская	Лимфатической системы/ кроветворной системы	12,5	12,6	13,5	17,0	18,2
	Общее количество злокачественных новообразований	1175	1296	1362	1419	
Вся УССР	Лимфатической системы/ кроветворной системы				13,9	
	Общее количество злокачественных новообразований				1344	

аналогичным случаям республиками и ВНЦРМ представлены следующие данные:

Полесское	200	(1981)
	280	(1989)
Народичи	280	(1981)
	320	(1989).

Официальные данные Министерства здравоохранения СССР по пяти загрязненным районам, с учетом года, приведены в табл. 87.

3.12.3. Краткий обзор и рекомендации по эпидемиологии

За последние 10 лет наблюдается увеличение распространенности рака. Такая тенденция прослеживалась до аварии и сохранялась после нее. Распространенность лейкоза (новообразования, этиологическим фактором которого может стать облучение, с возможным появлением через несколько лет после облучения) не возросла, исходя из проанализированных данных. С другой стороны, методы сбора данных и применявшаяся

методология были неполноценными, что не исключает возможности появления незначительного количества случаев лейкоза в результате облучения. И до тех пор, пока лейкозы, как таковые, не будут заноситься в базы данных с учетом клеточной формы, подтвердить факт роста распространенности лейкозов не представляется возможным.

То же самое можно сказать и о распространенности рака щитовидной железы. Методы сбора данных (особенно тот факт, что случаи рака щитовидной железы были отнесены к категории "Прочие") не позволяют подтвердить рост распространенности этого заболевания. Большинство сообщений носили несерьезный характер, к тому же отсутствует подтверждение данных квалифицированными специалистами в области патологии щитовидной железы. В настоящее время существуют определенные сложности в создании стройной концепции относительно роста заболеваемости раком щитовидной железы. Латентный период в случаях рака щитовидной железы радиационной этиологии в результате чернобыльской аварии был меньшим, чем во всех других случаях облучения, т. е. у жителей Маршалловых островов и Японии. К тому же большинство случаев рака щитовидной железы, о которых поступили сообщения из республик, относились к не-папиллярному и не-фолликулярному типам, что также не характерно для случаев рака щитовидной железы радиационной этиологии и требует проведения тщательного исследования всех гистологических препаратов квалифицированными специалистами в области патологии щитовидной железы. Это — обязательное условие, поскольку гистологическое исследование препаратов щитовидной железы является крайне сложной проблемой.

Группа экспертов отметила, что сопоставление данных различных регистров не принесет желаемых результатов, поскольку методы сбора данных, их подтверждения, полнота содержащейся в них информации, соотношение по возрасту и полу и образ жизни населения в разных регистрах существенно различаются. Было бы целесообразно иметь единую методологию создания регистров опухолей в различных республиках. К сожалению, крайне трудно, или даже невозможно, получить ретроспективно такие данные в однообразной форме. Также стало ясным, что целый ряд ученых занимается сбором данных, о которых они не намерены информировать друг друга. Непонятно, будет ли возможно избежать этого в будущем.

Группа экспертов считает, что было бы целесообразным организовать для СССР специальное обучение эпидемиологов в Международном агентстве по изучению раковых заболеваний (МАИРЗ) в Лионе или в каком-нибудь другом институте. Также было бы целесообразно организовать поездки руководителей советских онкологических регистров в МАИРЗ и другие онкологические центры. Проведение слишком большого количества эпидемиологических исследований, с анализом их результатов, может повлечь распыление имеющихся средств и ресурсов и в итоге не приведет к желаемому эффекту. Все проводимые исследования должны быть сконцентрированы на конкретных проблемах с четким определением методологии опытов.

3.13. Генетические последствия аварии и эффекты на развитие плода

3.13.1. Обоснование

Опыт обследования людей, переживших атомную бомбардировку, и лиц, которым проводилось терапевтическое облучение, свидетельствует о наличии эффектов облучения на плод [144–152]. К соматическим эффектам, описанным у человека, относятся микроцефалия, умственная отсталость и снижение интеллекта [148–152]. Эти эффекты, по-видимому, развиваются вследствие изменения миграции нейронов, наиболее ярко они выражены в первые 8–16 недель беременности. До этого времени эффекты выражены в меньшей степени и могут привести лишь к увеличению числа произвольных выкидышей. При внутриутробном возрасте плода более 16 недель основным отрицательным последствием облучения плода в дозе менее 1 Гр является канцерогенез [153–157].

Отрицательные последствия облучения на развитие центральной нервной системы плода не были отчетливо продемонстрированы при дозах на плод менее 0,1 Гр. По-видимому, для населения за пределами 30-километровой зоны дозы, которые могли быть получены плодом, составляют значительно менее 0,1 Гр, поэтому последствия внутриутробного облучения плода маловероятны [158].

Однако, имеются другие последствия аварии, которые могли в той или иной мере повлиять на исход беременности. Во время беременности возрастают потребности женского организма в железе, кальции и витаминах. Для населения, рацион питания которого едва ли был полным до чернобыльской аварии, вполне возможно, что ее последствия могли привести к возникновению новых проблем. Кроме того, отсутствуют данные по потреблению алкоголя женским населе-

нием в этих районах. Известно, что курение женщин во время беременности приводит к снижению массы тела новорожденных детей. Поэтому при анализе любых возможных последствий облучения на плод следует учитывать и такие факторы, как питание матерей во время беременности, анемия, стрессы, курение, фетальный алкогольный синдром и т. д.

В течение длительного периода времени изучение генетических последствий проводилось в Японии не только у лиц, переживших атомную бомбардировку, но и у их детей и внуков. В целом эффекты были обнаружены лишь в нескольких случаях, и генетические последствия облучения, по-видимому, менее существенны, чем канцерогенные эффекты в отдаленном периоде [159–165].

Несмотря на это, многие люди высказывают серьезную озабоченность в связи с возможными генетическими последствиями облучения и его воздействием на плод. Многие представители населения и прессы, с которыми приходилось встречаться международным экспертам, не имели понятия о нормальном уровне генетических и спонтанных аномалий в популяциях. Как правило, у 3–5% всех новорожденных детей во всем мире имеются явные врожденные аномалии [166–168]. Наличие такого уровня спонтанных аномалий затрудняет проведение объективных эпидемиологических исследований по определению последствий облучения. Также зарегистрирована более высокая распространенность хромосомных аномалий, по сравнению с их нормальным уровнем, при произвольных выкидышах и у новорожденных детей, не подвергавшихся облучению, и у погибших в перинатальном периоде [169–171]. Были указаны[49] усложняющие факторы, встречавшиеся в такого рода эпидемиологических исследованиях в СССР. К ним относятся снижение рождаемости и улучшение медицинской помощи в пре- и постнатальном периоде после аварии. В результате этого общая детская смертность снизилась, но процент аномалий у новорожденных детей возрос. Считалось, что эти факторы вторичны по отношению к предотвращению некоторых летальных случаев вследствие инфекций. В этих условиях рассмотрение информации в процентном отношении или в виде только количества случаев было бы неверным.

Так как известно, какие аномалии у плода могут появиться при высоких поглощенных дозах, было важно собрать и критически проанализировать данные, имеющиеся в СССР по этой проблеме.

[49] Д-р Кошель (Москва).

Таблица 88

Масса и длина тела новорожденных детей в Народическом районе (советские данные)

	1985	1986	1987	1988
Масса тела новорожденных детей (г)[a]	3470 (76)	3272 (75)	3338 (73)	3298 (60)
Длина тела (см)	51	52	53	52

[a] Стандартное отклонение дается в скобках.

3.13.2. Обзор советских данных

3.13.2.1. УССР

Врачи в населенном пункте Овруч сообщили о снижении рождаемости, объясняя это старением местного населения и миграцией молодежи из района. Они также сообщили о снижении массы тела у новорожденных детей в 1987 году. Уровень детской смертности в данном населенном пункте после аварии не изменился.

Было проведено сравнение заболеваемости и уровня врожденных пороков в контрольных и загрязненных районах[50], при этом число случаев было одинаковым. Было зарегистрировано увеличение случаев заболеваний легких и желудочно-кишечного тракта, но количество сердечно-сосудистых заболеваний осталось на прежнем уровне. Анализ охватывал период с 1983 по 1988 годы в Народическом районе. Средняя масса тела новорожденных детей колебалась от 2,5 до 4,5 кг. Уровень рождаемости снижался в 1986 и 1987 годах, но затем вновь возрос в 1988 и 1989 годах.

Случаи врожденных пороков анализировались на основе данных, представленных больницами. Возраст детей составлял от 2 до 10 лет. В анализ были включены случаи болезни Дауна. 5% из матерей этих детей были старше 40 лет. Случаи врожденных пороков в Народическом районе:

1986	1
1987	3
1988	3
1989	6
1990	1 (за первые 5 месяцев).

Кроме того, были представлены данные по массе и длине тела новорожденных детей в Народическом районе за 1985–1988 годы, которые приведены в табл. 88.

[50] Д-р Е.И. Степанова (Киев).

Таблица 89

Уровень рождаемости в год на 1000 человек в двух загрязненных и одном контрольном районах (советские данные)

Район	1985		1986		1987		1988		1989	
	Рождаемость	Всего рожд.	Рождаемость	Всего рожд.	Рождаемость	Всего рожд.	Рождаемость	Всего рожд.	Рождаемость	Всего рожд.
Полесское[a]	16,3	544	19,0	322	11,8	320	17,1	328	15,4	460
Население	33 374		16 947		27 119		19 181		29 870	
Народичи[a]	11,3	322	12,0	279	8,4	107	12,1	174	10,8	268
Население	28 496		23 250		12 738		14 380		24 587	
Ягатин[б]	18,1	577	17,7	729	15,0	622	15,8	656	14,5	597
Население	31 879		41 186		41 467		41 519		41 172	

[a] Загрязненный район.
[б] Контрольный район.

Таблица 90

Процент произвольных выкидышей в двух загрязненных и одном контрольном населенных пунктах (советские данные)

Район	Частота произвольных выкидышей (%)				
	1985	1986	1987	1988	1989
Полесское[a]	2,3	7,1	6,8	4,9	7,6
Народичи[a]	7,2	4,1	15,0	4,3	4,2
Ягатин[б]	7,9	5,1	5,7	4,5	5,2

[a] Загрязненный район.
[б] Контрольный район.

Киевский институт акушерства, гинекологии и педиатрии[51] провел обследование пятисот тридцати трех беременных женщин, эвакуированных из 30-километровой зоны после аварии. С июня 1987 года институт также проводил анализ исходов беременности в загрязненных районах. Согласно сообщениям, институт располагает базой данных более чем на 14 000 случаев рождения детей. Группы специалистов-акушеров регулярно выезжают в эти районы. Их данные были получены в Народическом и Полесском районах, а в качестве контрольного района был взят населенный пункт Ягатин. Сообщалось об общей тенденции к снижению рождаемости в Советском Союзе, а также в обследованных районах.

Уровень рождаемости на 1000 чел/год в двух загрязненных районах и одном контрольном, Ягатинском районе, приводится в табл. 89. Эти

Таблица 91

Аномалии плода в двух загрязненных и одном контрольном районах (советские данные)

Район	Распространенность аномалий плода (%)				
	1985	1986	1987	1988	1989
Полесское[a]	1,8	3,1	5,0	0,6	2,8
Народичи[a]	0,6	0,4	—	1,7	1,9
Ягатин[б]	0,2	0,1	0,2	—	—

[a] Загрязненный район.
[б] Контрольный район.

[51] Профессор В.Е. Дашкевич (Киев).

Таблица 92

Случаи мертворождения и перинатальная смертность (уровень на 1000 рождений) (советские данные)

Область	Район		1985	1986	1987	1988
Киевская	Иванково	Число рождений	567	444	395	542
		Случаи мертворождений	7	7	7	2
		Перинатальная смертность	11	13	12	5
	Полесское	Число рождений	544	322	320	328
		Случаи мертворождений	16	13	18	6
		Перинатальная смертность				
Черниговская	Ребкин	Число рождений	574	577	430	520
		Случаи мертворождений	8	5	11	10
		Перинатальная смертность	17	18	18	19
	Козелец	Число рождений	920	925	580	646
		Случаи мертворождений	11	12	10	8
		Перинатальная смертность	15	15	10	9
Житомирская	Овруч	Число рождений	1266	1215	585	1202
		Случаи мертворождений	7	7	—	4
		Перинатальная смертность	7	10	7	7
	Народичи	Число рождений	323	279	107	174
		Случаи мертворождений	6	11	—	12
		Перинатальная смертность	6	14	9	17

Таблица 93

Рождаемость на 1000 человек населения в районах Гомельской области

Район	1984	1985	1986	1987
Брагинский	13,8	16,0	13,0	10,2
Наровский	15,9	15,8	15,9	9,5
Веткенский	15,8	15,6	14,6	12,0
Кормский	22,9	19,5	19,3	16,3
Добручский	15,5	13,8	14,0	12,7
Сечерский	15,4	16,5	17,0	14,4
Ельненский	18,5	16,2	17,3	13,0
Гомель	17,5	17,2	17,2	14,9

данные свидетельствуют о снижении рождаемости в 1987–1988 годах. В Народическом районе, где рождаемость в 1989 году была ниже среднего уровня, она была также низкой и до аварии.

Для более крупных областей эти цифры следующие:

	1985	1989
Киевская область	15,0	14,7
Житомирская область	15,4	14,4
Все территории УССР	15,0	14,5.

Таблица 94

Уровень рождаемости на 1000 человек населения: Могилевская, Гомельская области и БССР

Год	Могилевская	Гомельская	БССР
1981	15,9		16,3
1982	16,0		16,3
1983	17,1		17,6
1984	16,3	17,5	17,0
1985	16,1	17,2	16,5
1986	16,7	17,2	17,1
1987	15,8	14,9	16,1
1988	15,6		

Таблица 95

Уровень рождаемости на 1000 человек населения, процент преждевременных родов и абортов

Регион		1985	1986	1987	1988
Киевская	Уровень рождаемости на 1000 человек населения	15,0	15,5	13,7	15,4
	Недоношенных детей (%)	3,3	3,3	3,2	3,2
	Самопроизвольных абортов (%)	4,3	4,3	4,5	4,5
	Число абортов на 1000 женщин детородного возраста	81,4	83,8	82,6	—
Житомирская	Уровень рождаемости на 1000 человек населения	15,4	15,9	14,2	14,4
	Недоношенных детей (%)	3,2	2,9	3,6	3,1
	Самопроизвольных абортов (%)	2,4	2,5	2,7	2,9
	Число абортов на 1000 женщин детородного возраста	70,6	53,4	42,6	—
Брянская	Уровень рождаемости на 1000 человек населения	15,3	16,3	15,9	15,1
	Недоношенных детей (%)	3,7	3,4	3,6	3,6
	Самопроизвольных абортов (%)	3,7	3,8	4,1	—
	Число абортов на 1000 женщин детородного возраста	104,3	108,1	111,5	103,4
Гомельская	Уровень рождаемости на 1000 человек населения	17,2	17,2	14,9	16,5
	Недоношенных детей (%)	3,0	2,5	2,4	2,6
	Самопроизвольных абортов (%)	3,4	3,5	3,2	3,0
	Число абортов на 1000 женщин детородного возраста	82,9	76,0	67,1	59,0
Могилевская	Уровень рождаемости на 1000 человек населения	16,1	16,7	15,8	15,6
	Недоношенных детей (%)	3,4	3,0	3,3	3,5
	Самопроизвольных абортов (%)	4,2	4,4	4,4	4,3
	Число абортов на 1000 женщин детородного возраста	81,9	79,8	77,1	61,2

Число произвольных выкидышей составило от 2 до 7%. Данные по их количеству в тех же районах приводятся в табл. 90.

Отсутствовали данные по количеству медицинских абортов. По-видимому, значительное их количество производится в целях контроля рождаемости. К тому же не было возможности получить какую-либо информацию о количестве абортов, произведенных из-за боязни последствий облучения в результате аварии.

Показательными являются данные по числу мертворожденных и перинатальной смертности, полученные в этих же районах. В целом, после аварии было зарегистрировано меньше случаев перинатальной смертности, что по-видимому связано с улучшением пренатальной медицинской помощи. До аварии уровень перинатальной смертности был очень высок.

Процент случаев рождения детей с аномалиями развития представлен в табл. 91[52].

Число зарегистрированных врожденных пороков невелико, и их процент существенно различается по годам. К тому же экспертам не сообщи-

[52] Профессор В.Е. Дашкевич (Киев).

ли, какие критерии применялись для определения случаев "врожденных пороков".

Официальные данные, представленные Минздравом СССР, дополняли уже полученную на местах информацию, а в некоторых случаях повторяли её. Данные по некоторым областям и районам представлены в табл. 92.

3.13.2.2. БССР

Данные Министерства здравоохранения о ежегодных показателях рождаемости в различных районах Гомельской области представлены в табл. 93.

Для Могилевской области были представлены аналогичные данные. В трех из пяти районов уровень рождаемости снизился за период с 1986 по 1988 гг. В целом по Могилевской и Гомельской областям и БССР уровень рождаемости на 1000 человек представлен в табл. 94.

Все представленные данные свидетельствуют о том, что так же как и в загрязненных районах Украинской ССР, уровень рождаемости в Белорусской ССР снизился в течение года после аварии.

Официальные данные Министерства здравоохранения СССР по ряду указанных выше параметров для пяти загрязненных районов представлены в табл. 95.

Данные по трем исследуемым параметрам были переданы группам экспертов[53] в следующем виде:

(1) Анализ дицентриков в лимфоцитах у матерей и новорожденных

Такой анализ выполнялся у 805 пациентов, причем анализу были подвергнуты более 15 тыс. метафаз. Для контрольных районов этот показатель составляет 0,04% (т. е. 0,0004 дицентриков на клетку). Это значение можно сравнить с величиной около 0,4% (0,004 дицентриков на клетку) для людей, проживающих в загрязненных районах. Для новорожденных эти значения оказались лишь немного ниже в сравнении с матерями. Не было попыток объяснить эти случаи полученной дозой облучения, поскольку как внутреннее, так и внешнее облучение характеризуются длительным воздействием и поступают от различных радионуклидов. Было отмечено, что в любом случае этот эффект вызван, видимо, небольшой дозой облучения. Трудности при проведении данного анализа заключались в отсутствии конкретных оценок доз облучения для обследованных лиц.

(2) Контроль искусственных медицинских абортов на наличие пороков внутриутробного развития плода

Сообщалось, что такие пороки развития хорошо видны даже невооруженным глазом. Не выявлено никаких изменений видов и распространенности пороков развития с момента аварии, так же как не отмечался и рост числа случаев микроцефалии после аварии.

Было исследовано[54] большое количество плодов после медицинских абортов (не самопроизвольных) на наличие как внешних пороков развития, так и пороков развития внутренних органов плода. Обследованию подвергались лицо, голова, конечности, легкие, печень, сердце. Кроме того, велся поиск свидетельств о распространенности гидроцефалии и расщелины позвоночника. Все образцы сохранялись и делались фотоснимки всех случаев врожденных пороков развития. Эти образцы поступали из больниц г. Минска и загрязненных районов Гомельской и Могилевской областей. Они пересылались в растворе с антибиотиками с тем, чтобы дополнительно сделать и цитогенетический анализ. К усложняющим исследование факторам относились случаи, когда искусственные аборты, возможно, селективно выполнялись сразу после чернобыльской аварии; эти случаи могли бы в конечном итоге все равно привести к самопроизвольным абортам. Другими важными осложняющими факторами являются возможное увеличение после чернобыльской аварии числа регистрируемых случаев врожденных пороков развития и улучшение единого подхода врачей, направлявших образцы для оценки, к определению того, что же представляет собой врожденный порок развития. В данном исследовании отмечается, что южная часть Гомельской и Могилевской областей характеризуется повышенным числом случаев врожденных пороков развития по сравнению с другими районами. Зарегистрированный уровень врожденных пороков развития составляет там около 300 случаев на 10 тыс. искусственных абортов.

К сожалению, для данного исследования отсутствовали основополагающие исходные данные на период до момента аварии, если не считать других территорий. Текущие показатели в 1989 г. для загрязненных регионов не отличаются от значений, которые они имели в 1986 и 1987 гг. Есть предположение, что небольшой рост слу-

[53] Профессор Г.И. Лазюк (Минск).

[54] Д-р Г.И. Лазюк (Минск).

чаев врожденных пороков развития в других областях, возможно, является следствием изменений иммунного характера или рационов питания.

(3) Врожденные пороки развития по данным карт стационарных больных

В Белорусской ССР средние показатели составляют около 5,6 случаев на 1000 новорожденных. Число случаев врожденных пороков развития в Белорусской ССР в целом не изменилось по сравнению с данными до аварии (0,56% за 1980–1985 гг.и 0,5% за 1986–1987 гг.). Данные по Гомельской и Могилевской областям до аварии за 1982–1985 гг. находятся в пределах от 0,3 до 0,5%. Число случаев врожденных пороков развития в Гомельской области выше, чем в Минске, но этиология здесь не ясна, поскольку помимо облучения существуют много других разнообразных факторов, например, обеспеченность организма микроэлементами, образ жизни людей и т. д. Для города Гомеля эти значения составляют 0,4%, а для сельской местности в Гомельской и Могилевской областях — 1,1%. Число случаев врожденных пороков развития невелико. Отсюда следует, что оценка статистической значимости изменений по областям и даже по районам весьма затруднительна. Количество зарегистрированных случаев в загрязненных районах Гомельской области составило лишь 40–100 за год. Сообщалось[55], что число новорожденных с врожденными пороками развития в 17 загрязненных районах Гомельской и Могилевской областей в 1986 г. возросло с 4,3 ± 0,5 на 1000 новорожденных до 6,9 ± 0,6/1000 в 1988 г. Следует отметить, однако, что опубликованные показатели для незагрязненного Горецкого района Могилевской области в течение 1982 г. оказались равны 7,1 ± 1,9 и к настоящему времени снизились. Следовательно, рост зарегистрированных случаев врожденных пороков в загрязненных районах может быть вызван изменениями в отчетности, принятыми после аварии.

Не было данных о размерах головы новорожденных за 1986–87 гг. для выявления новорожденных с меньшими размерами головы, хотя, судя по данным о случаях патологии из больниц, рост числа случаев микроцефалии там не зарегистрирован. Размер головы каждого новорожденного регистрируется как и ранее и заносится в карту стационарного больного, поэтому любой заинтересованный специалист может всегда получить там эти данные.

В БССР не имеется стандартизированного теста на индекс умственного развития (IQ), поэтому отсутствуют основные исходные данные в качестве исторически достоверного контрольного показателя для возможного проведения эпидемиологических исследований понижения индекса умственного развития в результате внутриутробного облучения плода или в результате дефицита в организме йода, железа и др.

Отмечалось[56], что в посещенных загрязненных районах возросло число недоношенных детей на 7–8 месяце расчетного внутриутробного возраста. У обследованных детей в небольшом числе проверенных населенных пунктов детский церебральный паралич или снижение умственной деятельности выявлены не были. Возможно и имеется некоторое отставание в развитии детей, связанное с задержкой навыков устойчивого сидения, речи, а также случаев "поздней миелинизации" (зарегистрированных с помощью электроэнцефалограммы). Никаких фактических данных по поводу такого заключения представлено не было. Отмечалось также, что после аварии возросло число случаев синдактилии (относящихся,главным образом, к сращению 2-го, 3-го и 4-го пальцев стопы), которое в настоящее время составляет 6–8 случаев на 500 новорожденных по сравнению с 1–2 случаями на момент аварии. Установлено, что в населенных пунктах, проверенных группой экспертов, на момент аварии имелось около 600 беременных женщин со сроком беременности 15–40 недель и 396 беременных женщин с расчетным сроком внутриутробного развития плода 8–15 недель. В результате обследования детей этих женщин не выявлено ни одного случая олигофрении и болезни Дауна.

Было высказано мнение[57], что данные о случаях синдактилии, полученные из Москвы, ошибочны, поскольку показатели всех видов врожденных пороков развития в БССР (за 1979–1983 гг.) характеризуются следующими значениями: энцефалия — 0,31/1000, расщелина позвоночника — 0,54/1000, болезнь Дауна — 1,24/1000,полидактилия — 0,58/1000. Показатели для Гомеля и Могилева за 1987–89 гг. составили: энцефалия — 0,34/1000 (8 случаев), расщелина позвоночника — 0,77/1000 (18 случаев), болезнь Дауна — 0,60/1000 (14 случаев), полидактилия — 1,19/1000 (28 случаев). Отмечалось, что об этих и некоторых других видах патологии следует сообщать в республиканские Министерства здравоохранения по специальной форме.

[55] Д-р Г.И. Лазюк (Минск).

[56] Д-р А.М. Лягинская (Москва).

[57] Д-р Г.И. Лазюк (Минск).

3.13.3. Итоговый обзор вопросов эмбрионального и генетического развития

На основе обзорных данных из Москвы, Киева и Минска был сделан компетентный вывод о том, что нет оснований предполагать рост наследственных заболеваний или заболеваний врожденного характера, причиной которых является облучение. Могут возникнуть, правда, неблагоприятные последствия из-за нарушений условий жизни или ухудшения питания.

Если в будущем будут рассматриваться какие-то шаги по проведению долгосрочных исследований эффекта облучения на внутриутробное развитие плода и на индекс умственного развития детей, то следует обратить внимание на два момента: (1) отсутствие основных исходных данных за период до начала аварии и потребность в подходящей контрольной группе; (2) вопросы питания, например, употребление алкоголя матерями, и возможность того, что такие исследования можно проводить в районах зобной эндемии. Ясно, что дефицит йода в организме может привести как к заболеванию зобом, так и к кретинизму, поэтому любое долгосрочное исследование должно быть тщательно продумано.

Предложения по будущей деятельности:

(1) Посещение отделения пренатального обследования и диагностики в Киеве для более тщательного изучения там данных.
(2) Для накопления данных по ДНК требуется, по возможности, взятие большего числа проб у облученных лиц для проведения исследований в будущем, так как могут появиться несколько новых методик для выявления мутаций. Кроме того, полезным может оказаться и использование пятен крови на карточках Гутри.

4. Радиологический риск для здоровья в будущем

4.1. Отрицательные последствия для здоровья

Наиболее важным фактором отдаленных последствий облучения для здоровья является риск канцерогенеза. Как отмечалось ранее в докладе, проявление риска заболевания, его степень зависят от ряда факторов. В целом считается, что у детей риск в 2–3 раза выше, чем у взрослых , а у женщин уровень риска на 20–50% выше, чем у мужчин. Действие облучения при низкой мощности дозы (как это было при чернобыльской аварии), по-видимому, будет в два раза меньше по сравнению с эффектом облучения с высокой дозой и при высокой мощности дозы. В дальнейшем оцениваться будет только только риск, связанный с малыми дозами и низкой мощностью дозы облучения.

Опыт, накопленный при медицинском наблюдении лиц, переживших воздействие ядерных взрывов, и лиц, подвергшихся профессиональному облучению при других авариях, а также получивших терапевтическое облучение, свидетельствует о том, что солидные опухоли не возникают ранее чем через 10 лет после облучения. Солидные опухоли образуются и в более поздние периоды, и риск развития опухолей продолжает увеличиваться в течение 40 и более лет после облучения. Напротив, лейкоз может развиться в течение первого десятилетия, а затем риск его возникновения начинает со временем снижаться.

В результате чернобыльской аварии существует вероятность увеличения числа случаев как лейкозов, так и солидных опухолей. Важно попытаться оценить величину этого риска и определить его место в контексте нормального спонтанного риска заболеваемости различными формами рака. В связи с тем, что не очень хорошо известна демографическая структура населения (распределение по полу и возрасту) на загрязненных территориях республик, а радиоактивное загрязнение распределилось очень неравномерно, трудно оценить риск для каждого жителя. Внутри отдельного населенного пункта поглощенная доза у различных жителей вполне может отличаться на порядок в зависимости от местных условий снабжения пищевыми продуктами, поверхностного загрязнения, рациона питания и т. д. В любом случае можно дать оценку результата определенной поглощенной дозы. Если отдельному лицу известна его индивидуальная поглощенная доза, можно рассчитать сопутствующий риск.

Вероятность возникновения летальных форм рака, вызванных облучением, существенно отличается с возрастом. Для детей и подростков риск после облучения малой дозой и низкой мощности

Таблица 96

Относительная вероятность летальных форм рака различных органов в различных возрастных группах. *Высокий уровень дозы, высокий уровень мощности дозы, источник с низкой линейной передачей энергии (ЛПЭ). Средняя величина между результатами мультипликативной расчетной модели и модели Национального института здравоохранения [172]*

Орган	Возрастная группа		
	0–19 лет	0–90 лет	20–64 лет
Пищевод	0,023	0,040	0,062
Желудок	0,243	0,266	0,303
Толстая кишка	0,218	0,154	0,078
Легкие	0,244	0,203	0,144
Молочная железа	0,030	0,025	0,021
Яичники	0,011	0,017	0,024
Мочевой пузырь	0,030	0,054	0,081
Костный мозг	0,054	0,091	0,137
Другие органы	0,150	0,150	0,150
Всего	1,000	1,000	1,000
Риск (10^{-2} $Зв^{-1}$)	12	5,4	4

дозы составляет 12% на Зв, для взрослых людей трудоспособного возраста он снижается до 4% и, наконец, для лиц, подвергшихся облучению в возрасте более 65 лет, риск составляет 1% на Зв. В табл. 96 приведены данные по вероятности возникновения различных форм рака для различных возрастных групп.

Можно рассчитать ожидаемое снижение продолжительности жизни как для населения в целом, так и для различных демографических групп в связи с риском развития органоспецифических и всех форм рака. Получены величины, в целом соответствующие данным по смертности от рака, которые представлены в табл. 97.

В МКРЗ [172] производили расчет смертности от раков радиационной этиологии в течение жизни для различных демографических групп, получивших низкую дозу облучения от источника с низкой ЛПЭ. Эти расчеты представлены в табл. 98.

Влияние облучения на наследственность необходимо рассматривать во взаимодействии с оценками ожидаемых последствий аварии для здоровья людей. В настоящее время оценка серьезных наследственных нарушений составляет около 100 случаев на 10 000 чел.-Зв.

Результаты оценок вероятности воздействия облучения на здоровье населения при уровнях доз менее нескольких Зв были разработаны МКРЗ [172] и представлены в табл. 99.

4.2. Оценка отрицательных последствий для здоровья

Так как нет достаточных статистических данных по населению каждого района с различными уровнями радиоактивного загрязнения, уместно привести примеры ожидаемого воздействия облучения для жителей каждого населенного пункта, для которого были произведены оценки средней величины поглощенной дозы.

Пример. Для жителей населенного пункта с населением 10 000 человек и очень высокими уровнями загрязнения поглощенная доза в течение жизни (при низкой мощности облучения) будет равняться 0,1 Зв. Это средняя общая поглощенная доза за 70 лет (за счет внутреннего и внешнего облучения) для лиц, живущих в населенном пункте, в котором побывала группа экспертов по выполнению задачи 3.

Таблица 97

Относительные оценки ожидаемого снижения продолжительности жизни, вызываемого различными формами рака органов, усредненные по полу, пяти национальностям и двум моделям. *Мультипликативной расчетной моделью и моделью Национального института здравоохранения [172]*

Орган	Относительное снижение продолжительности жизни
Пищевод	0,048
Желудок	0,190
Толстая кишка	0,148
Легкие	0,154
Молочная железа	0,049
Яичники	0,025
Мочевой пузырь	0,039
Костный мозг	0,197
Остальные органы	0,150
Все случаи	1,000
Общее снижение продолжительности жизни в годах	1,5/Гр за год[a]

[a] Эта оценка справедлива для высокого уровня мощности дозы, большой экспозиционной дозы; она может быть снижена в два раза для низкого уровня мощности дозы и низкого уровня дозы облучения.

4.2.1. Канцерогенез

Вероятность возникновения вызываемого облучением рака с летальным исходом для одного среднего представителя населения страны составляет 5%/Зв. В результате постоянного воздействия облучения до 0,1 Зв вероятность будет составлять 0,5%. В наиболее развитых странах вероятность возникновения рака с летальным исходом составляет 17%. Таким образом, облучение увеличит вероятность заболевания раком с летальным исходом с 17% до 17,5 %.

Таким образом, в нашем примере с населенным пунктом на загрязненной территории (население 10 000 человек) количество летальных случаев от рака и лейкоза увеличится от предполагаемого числа случаев 1700 до 1750 или будет 50 дополнительных случаев рака радиационной этиологии с летальным исходом. Половина этих летальных исходов будет падать на лиц, которые были детьми во время облучения, поскольку дети более чувствительны к канцерогенезу, чем взрослые. Согласно прогнозам, через 10–50 лет после облучения ожидается увеличение числа случаев солидных опухолей радиационной этиологии с возможным летальным исходом.

Вероятность развития лейкоза (не-ХЛЛ) радиационной этиологии в количественном выражении дает 2 дополнительных летальных случая на 10 000 чел·лет·Гр для 2000 детей, каждый из которых получил дозу облучения 0,1 Зв за 70 лет, и для 8000 взрослых людей, получивших облучение с дозой 0,06 Зв за 40 лет. Это может составить приблизительно 33 000 чел·лет·Гр или приблизительно 6 дополнительных случаев лейкозов с летальным исходом. Исходный уровень

Таблица 98

Уровень смертности за всю жизнь среди населения во всех возрастных группах, обусловленный развитием рака радиационной этиологии. Малая доза облучения с низкой ЛПЭ. *Мультипликативная расчетная модель и модель Национального института здравоохранения [172])*

Орган	Летальные случаи рака на 10^4 на Зв
Мочевой пузырь	30
Костный мозг	50
Поверхности кости	5
Молочная железа	20
Толстая кишка	85
Печень	15
Легкие	85
Пищевод	30
Яичники	10
Кожный покров	2
Желудок	110
Щитовидная железа	8
Другие органы	50
Всего	500

Таблица 99

Вероятность воздействия облучения на здоровье населения при низких уровнях радиации [172]

Эффект облучения	Популяция	Период облучения от источника с низкой ЛПЭ	Режим облучения	Вероятность
Влияние на умственное резвитие				
Снижение уровня индекса умственного развития	Плод	8–15 недель беременности	Высокая доза и высокая мощность дозы	30 IQ пунктов на Зв[a]
Серьезные нарушения умственного развития (умственная отсталость)	Плод	8–15 недель беременности	Высокая доза и высокая мощность дозы	40×10^{-2} на Зв[a]
Генетические эффекты				
Серьезные наследственные патологические нарушения	Все население	Равновесие	Низкая доза и низкая мощность дозы	$1{,}0 \times 10^{-2}$ на Зв
Рак				
Рак с летальным исходом	Все население	Вся жизнь	Низкая доза и низкая мощность дозы	$5{,}0 \times 10^{-2}$ на Зв

[a] Расчет основывается на линейной зависимости от высокой дозы, высокой мощности дозы.

не-ХЛЛ лейкоза в СССР установить сложно, но если использовать данные по США, то в этой группе населения возможно развитие 25–35 случаев спонтанного не-ХЛЛ лейкоза. Как правило, лейкоз радиационной этиологии развивается приблизительно через 5–15 лет после облучения.

Возьмем уже рассмотренный пример: населенный пункт с населением 10 000 человек, из которых 20% составляют дети, а 80% взрослые; предположим, что средняя эквивалентная поглощенная доза на щитовидную железу у взрослого человека составит 100 мГр (10 бэр), а для ребенка это значение составит 500 мГр (50 бэр), тогда можно провести оценку роста заболеваемости раком щитовидной железы. Следует принять во внимание и то, что доля летального исхода при раке щитовидной железы составляет 10%.

8000 взрослых × 0,1 Гр × 40 лет =
32 000 чел·лет·Гр
2000 детей × 0,5 Гр × 60 лет =
60 000 чел·лет·Гр

Всего 92 000 чел·лет·Гр.

Коэффициент риска составляет 2,5 на 10 000 чел·лет·Гр, таким образом 9,2 × 2,5 = около 24 случая рака щитовидной железы ≈ 2,4 случая с летальным исходом.

Можно ожидать, что большинство случаев рака щитовидной железы будет наблюдаться у детей, что связано с более высокими поглощенными дозами на щитовидную железу, большей продолжительностью жизни и более высокой чувствительностью по сравнению со взрослыми людьми.

Также можно ожидать увеличение числа случаев узлового зоба. Как правило, коэффициент риска в этом случае приблизительно в три раза выше, чем в случае рака щитовидной железы. В приведенном примере у населения можно ожидать приблизительно 75 случаев узлового зоба (в большинстве случаев у детей). Как было замечено ранее в докладе, узловой зоб довольно редко встречается у детей, а у взрослых его распространенность обычно составляет 15%. Как правило, увеличение числа случаев узлового зоба и рака щитовидной железы наблюдается через 10–40 лет после облучения.

4.2.2. Сокращение продолжительности жизни

На сколько лет сократится продолжительность жизни жителей в одном из загрязненных населенных пунктов? Облучение может увеличить вероятность возникновения рака и таким

образом оказать влияние на продолжительность жизни. Однако те лица, у которых развился рак радиационной этиологии, могут умереть от других причин, если бы не было облучения. По оценке снижение продолжительности жизни составляет примерно 0,75 лет.-Зв при низкой мощности дозы облучения. Для упомянутого населенного пункта в загрязненном районе с населением 10 000 человек, получивших в среднем 0,1 Зв за 70 лет, коллективная доза составит 1 000 чел.-Зв. Это соответствует снижению продолжительности жизни в результате облучения на 750 чел.-лет (например, около 0,075 чел.-лет или 1 чел.-мес.). Расчеты такого рода могут быть несколько некорректными, так как в действительности сокращение жизни на 750 чел.-лет приходятся на 50 человек, заболевших раком (т. е. около 15 лет на человека с летальным исходом от рака радиационной этиологии).

4.2.3. Наследственные патологические нарушения, связанные с облучением

Риск серьезных наследственных нарушений в равновесном состоянии оценивается как 1%/Зв. В примере с населенным пунктом, где суммарная кумулятивная доза за 70 лет составляет 0,1 Зв, риск по оценке будет составлять 0,1%. Это соответствует 10 случаям наследственных патологических нарушений для потомков этих 10 000 человек в нескольких последующих поколениях.

4.2.4. Ущерб от облучения для здоровья

Другим методом оценки влияния ионизирующего излучения является оценка: "ущерб для здоровья". В неё будут включаться другие вредные последствия радиации, кроме случаев летального рака. МКРЗ [172] произвела оценку ущерба для здоровья от облучения всего тела человека при низких уровнях дозы. В расчетах Комиссии учитывались риск возникновения летального рака всех органов, специальная поправка на различия в длительности латентного периода, так как эти различия оказывают влияние на оценку предполагаемого сокращения жизни в случаях летального рака, поправка на заболеваемость нелетальными формами под действием радиации, и, наконец, поправка на риск возникновения серьезных наследственных заболеваний во всех будущих поколениях лиц, подвергшихся облучению. Это позволяет оценить наследственный ущерб от облучения для здоровья (7% на Зв или 70 человек на 10 000 человек населения, проживающих в местности, где средняя поглощенная доза составляет 0,1 Зв).

5. Краткий обзор и выводы

В Советском Союзе имеются большие территории, где уровни загрязнения составляют 15 и более Ки/км^2 (555 кБк/м^2) цезия-137. Некоторые из этих районов расположены в 300 км от Чернобыльской АЭС.

Последствия аварии и последующее загрязнение окружающей среды затронули значительные территории трех республик страны: УССР, БССР и РСФСР. Население, все еще проживающее в пострадавших от аварии районах, превышает полмиллиона человек, из которых по крайней мере 60 000 детей.

При обзоре и оценке советских данных о последствиях облучения для здоровья людей стали очевидными большие различия в научной и медицинской подготовке специалистов, их целях и возможностях; речь идет не только о различиях между международными экспертами, выполняющими Задачу 4 настоящего Проекта, и их советскими коллегами, но и разных специалистах в системе здравоохранения СССР в целом. Нужно отдать должное советским специалистам в том, что они создали условия для совместной работы, для достижения общих целей при оценке последствий чернобыльской аварии для здоровья.

Корреляция и проверка данных, полученных советскими специалистами с использованием данных международных экспертов, была затруднена по нескольким причинам. Первая причина, которая была очевидна для всех участников Проекта, заключалась в том, что советские специалисты чаще всего не имели доступа к оборудованию, которое широко используется для диагностики и лечения во многих западных странах. В некоторых институтах и крупных больницах есть современное оборудование, но оно не используется из-за отсутствия химических реактивов и запасных частей.

Вторая причина была более сложной. Многие медицинские исследования проводились специалистами, ставившими правильные задачи, но не

имевшими подготовки по правильной постановке научных экспериментов и выбору соответствующей методологии и методов контроля. Данные, представленные международным экспертам, содержат много противоречий. Некоторые исследования были проведены на высоком уровне, но таких было немного. Узкая и ограниченная специализация приводила к противоречиям в сделанных ими оценках и выводах с точки зрения научной логики. В результате во многих исследованиях имелись внутренние противоречия, а выводы представлялись в виде фактов, без критического анализа и проверки на систематические ошибки и издержки эксперимента.

В то время, как существуют опубликованные стандартные методологии по наблюдению за определенным контингентом лиц, пострадавших в результате аварии, они используется редко. Одной из причин является отсутствие оборудования и реактивов, необходимых при реализации этих методологий. Вторая причина заключается в том, что различные исследователи хотят сохранить независимость в проведении собственных исследований. К сожалению, при этом будут получены разноречивые данные различных республик и в некоторых случаях различных институтов, расположенных в одном городе; такие данные трудно сравнивать.

Третья причина заключается в том, что советские ученые, которые только недавно получили современное оборудование, не имели достаточного опыта, знаний и технических возможностей для эффективной эксплуатации соответствующего оборудования. Как правило, отсутствовали калибровочные стандарты и руководства по эксплуатации указанного оборудования и приборов на русском языке.

Четвертая причина заключается в отсутствии литературы для специалистов, эксплуатирующих приборы, и тех ученых и врачей, которые проводят соответствующие исследования. Данные некоторых исследований были уже получены ранее специалистами других стран в ходе интенсивных работ, причем отрицательные результаты широко публиковались в открытой печати. В некоторых случаях наблюдался неоправданный оптимизм; специалисты полагали, что с помощью нового оборудования можно решить почти любые задачи, а полученные результаты автоматически будут правильными. При использовании медицинского диагностического оборудования не всегда правильно понимались специфические условия эксплуатации и интерпретации полученных результатов.

Несмотря на все вышеперечисленные трудности, удалось провести сравнение достаточно большого объема информации о результатах исследований, проведенных советскими специалистами. Большинство этих исследований было выполнено на устаревшем оборудовании, однако полученные результаты, подтвержденные международными экспертами, были понятны для советских специалистов. При решении такой задачи, как оценка данных по распространенности опухолей, эксперты смогли только проанализировать данные и сделать замечания; проверить данные они не смогли в связи с тем, что невозможно повторить уже проделанную местными специалистами работу или собрать необходимые пробы у такого большого числа жителей с учетом ограничений во времени и возможностях. К тому же, большая часть результатов была получена в последние годы, и единственным возможным методом их подтверждения была интенсивная работа с огромным количеством медицинских карт и анализом лабораторных данных. Следует отметить, что полученные результаты могут быть использованы только для жителей сельских районов, расположенных в пределах 300 км от Чернобыля. Результаты исследований не относятся к лицам, проводившим работы по дезактивации, работникам и операторам чернобыльской АЭС и переселенным жителям. Международные эксперты смогли осмотреть нескольких рабочих и пожарных, получивших тяжелые травмы в результате чернобыльской аварии, большое впечатление на международных экспертов произвели результаты их лечения, однако сбор данных по этой группе не проводился.

Ясно, что эти результаты отражают данные по состоянию здоровья населения на осень 1990 г. Международные эксперты не анализировали последствия облучения для здоровья населения за период до 1990 г., за исключением изучения научных данных об уже обнаруженных последствиях облучения для здоровья. Работа международных экспертов по выявлению заболеваний и их анализу была ограничена определенным кругом конкретных проблем и проведением общего физикального обследования. Хотя был выявлен значительный процент людей с серьезными нарушениями здоровья, требующих медицинского наблюдения или лечения, понятно, что существуют и другие нарушения в состоянии здоровья населения, которые могли быть обнаружены только при проведении дополнительных исследований. В исследовании, проведенном международными экспертами, рассматривался только один круг вопросов сложной и многогранной проблемы. Очевидно, что имеются такие аспекты аварии, которые требуют более тщательного изучения в будущем.

Обзор и анализ данных, проведенные международными экспертами, способствовали выявлению главных вопросов в проблеме состояния здоровья по нескольким направлениям. С некоторыми оговорками был сделан вывод об отсутствии прямых последствий облучения для здоровья на исследуемый период времени. Несомненно, существуют некоторые эффекты, главным образом психологические, которые, по мнению международных экспертов, являются прямыми последствиями аварии. Возможные последствия аварии для здоровья населения в будущем рассматриваются в Части 3 (Выводы и рекомендации).

Данные, предоставленные Министерством здравоохранения СССР и различными институтами группе международных экспертов, выполняющих Задачу 4 в рамках Международного чернобыльского проекта

Стандартные методы обследования больных, Москва 1986 г.

Коэффициенты переноса радиоактивного цезия и радиоактивного стронция в пищевой цепочке почва–трава и почва–молоко на территории Украинской ССР за 1989 год.

Последние разработки в исследовании поступления микроэлементов в организм в СССР, Авцын А.П. и др.

Распределение доз облучения щитовидной железы у детей Народического района.

Частота гиперплазии щитовидной железы у детей Народического района за 1986 и 1988 гг. и частота повышения содержания гормона общего Т4, тиреотропного гормона и ультразвуковое исследование щитовидной железы.

Частота анемии и анализ количества лейкоцитов у детей Народического и Ягатинского районов.

Рождаемость и заболеваемость у детей в населенных пунктах Народичи и Ягатин.

Распространенность патологических изменений щитовидной железы в 1987 и 1988 гг. в Брянске и Новозыбкове.

Руководство по оценке доз облучения щитовидной железы в результате поступления радиоактивных изотопов йода в организм человека, Ильин Л.А..

Структура и описание Всесоюзного регистра (Обнинск), включая распределение зарегистрированных лиц, заболеваний по районам и злокачественных опухолей.

Оценка значения внутренней дозовой нагрузки при непосредственном воздействии ионизирующих излучений у лиц, пострадавших в результате аварии на Чернобыльской АЭС. Гуськова А.К. и др., 1988.

Анализ распределения дицентрических хромосом у 237 участников работ по дезактивации в Чернобыле.

Статистические данные по населению:

- мощность дозы гамма-излучения
- выпадение в почву цезия-137
- выпадение в почву стронция-90
- концентрация цезия-137 в молоке
- ожидаемые дозы в 1986–90 гг.
- контроль поступления радиоактивных веществ в организм
- дозы облучения щитовидной железы;

по населенным пунктам:

- Веприн
- Брагин
- Корма
- Полесское
- Народичи
- Новозыбков
- Злынка.

Часть Е

Показатели состояния здоровья населения следующих областей:

Брянской
Могилевской
Гомельской
Киевской
Житомирской

за 1985–1989 гг.

В эти данные также включены сравнимые показатели по республикам.

Представленные параметры:

Общая численность населения, городского и сельского
Рождаемость на 1000 человек
Смертность
Неонатальная и перинатальная смертность
Распространенность инфекционных заболеваний
Распространенность венерических заболеваний
Распространенность туберкулеза
Распространенность алкоголизма
Распространенность злокачественных опухолей
Невынашивание беременности
Самопроизвольные выкидыши
Смертность в послеоперационном периоде
Количество больниц
Количество коек
Средний койко-день
Уровень госпитализации
Количество инвалидов
Количество врачей и медицинских сестер
Уровень смертности от злокачественных опухолей.

Карты с уровнями содержания цезия в молоке для 59 населенных пунктов.

Карты с уровнями содержания стабильного йода, кобальта и марганца в почве в БССР.

Регистрационные формы для регистров состояния здоровья в Обнинске, гематологического регистра в Киеве, Министерства здравоохранения УССР.

Дополнительная регистрационная форма, используемая д-ром Туковым.

Генетические последстви чернобыльской аварии для населения Гомельской и Могилевской областей, Лазюк Г.И. (Минск).

Данные по рождаемости, уровням самопроизвольных выкидышей, осложненной беременности, перинатальной смертности и распространенности аномалий плода за 1985–1989 гг. для населенных пунктов Полесское, Народичи и Ягатин.

Данные по субпопуляциям лейкоцитов и лимфоцитов у некоторых групп населения УССР.

Карты УССР, БССР и РСФСР по:

уровням содержания цезия-137 в почве;
уровням содержания стронция-90 в почве;
уровням содержания плутония-239 в почве.

Карта административных районов БССР.

Оборудование, материалы и услуги, которыми пользовались выездные группы медицинских экспертов

1. Предоставлялись Министерством атомной энергетики и промышленности:

   Фургончик для траспортировки оборудования и анализов крови
   Большой автобус для передвижения
   Два водителя
   Персонал для организации поездок и др. мероприятий
   4 переводчика
   Бронирование и покупка авиабилетов
   Письма-приглашения для членов групп
   Гостиница и питание.

2. Выделялись Министерством здравоохранения СССР:

   Один квалифицированный гематолог-лаборант
   Два квалифицированных специалиста по ультразвуковому исследованию
   Помощник для транспортировки мазков крови и некоторых анализов в Киев (ВНЦРМ) каждые два дня во время поездки.

3. Обеспечивалось республиканскими министерствами здравоохранения:

   Оповещение врачей на местах в населенных пунктах относительно подготовки лиц, включнных в обследование
   Представители Министерства здравоохранения, присутствующие при обследовании пациентов.

4. Оборудование, имевшееся у выездных групп:

   Аппарат для ультразвукового исследования модели Hitachi EUB-310 (1)
   Аппарат для ультразвукового исследования Сименс (2)
   Принтеры, работающие на термочувствительной бумаге фирмы Митсубиси
   Видео (2)
   Термочувствительная бумага (20 рулонов)
   Гель для аппаратов для ультразвукового исследования фирмы Паркер
   Лэборэтториз (10 литров)
   Гематологический анализатор Coulter T-660 (2)
   Наборы запасных частей для анализатора Coulter (3)
   Предварительно смешанные реактивы для анализатора Coulter (14 наб.)
   Гематологическая центрифуга
   Мешалка для анализов крови (1)
   Принтер фирмы Coulter (2)
   Формы для принтера Coulter (4000)
   Преобразователь напряжения (3)
   Стабилизатор напряжения (2)
   Стетоскопы (4)
   Сфигмоманометры (4)
   Вспышки (4)
   Батареи (12)
   Шпатели (2000)
   Слайды для микроскопа, Clay Adams (6000)
   Аппарат для изготовления слайдов (1)
   Деревянные аппликаторы (4000)
   Электрический вентилятор (1)
   Краситель (6 литров)
   Вспомогательный перевязочный материал (4000)
   Марлевые тампоны (4000)
   Шприцы 10 мл (2000)
   Штативы для пробирок в вакуумных контейнерах (50)
   Иглы в вакуумных контейнерах 21 г, Becton Dickinson (3000)
   Иглы для шприцов (1000)
   Иглы для детей Butterfly (1000)
   Одноразовые лагнцеты (2000)
   Спиртовые тампоны (6000)
   Пробирки с гелем для отделения сыворотки (3000)
   Микроконтейнеры с гелем для отделения сыворотки (3000)
   Пробирки для анализов крови с ЭДТА (4000)
   Микроконтейнеры с ЭДТА (600)
   Латексовые перчатки (1000 пар)
   Фильтровальная бумага для неонатального скрининга (3000)
   Бланки анкет (3000)
   Компьютерные метки (3000)
   Ручки и карандаши (250)
   Степлеры (3)
   Скобки для степлеров (5000)
   Инструмент для ремонта оборудования
   Маркировочная лента (4 рулона)
   Упаковочная лента (4 рулона)
   Переносной компьютер (1).

Литература

[1] AWA, A.A., Review of 30 years study of Hiroshima and Nagasaki atomic bomb survivors. II. Biological effects: Chromosome aberrations in somatic cells, J. Radiat. Res. (Tokyo) **16** (Suppl.) (1975) 122.

[2] AWA, A.A., et al., Cytogenetic Study of the Offspring of Atomic Bomb Survivors, Hiroshima and Nagasaki, Rep. RERF-TR-21-88, Radiation Effects Research Foundation, Hiroshima, Japan (1988).

[3] KAKODA, M., et al., Increased Somatic Cell Mutant Frequency in Atomic Bomb Survivors, Rep. RERF-TR-18-87, Radiation Effects Research Foundation, Hiroshima, Japan (1984).

[4] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Biological Dosimetry: Chromosomal Aberration Analysis for Dose Assessment, Technical Reports Series No. 260, IAEA, Vienna (1986).

[5] KYOISUMI, S., NAKAMURA, N., HAKODA, M., Detection of Somatic Mutations at the Glycophorin-A Locus in Erythrocytes of Atomic Bomb Survivors Using a Single Beam Flow Sorter, Rep. RERF-TR-9-88, Radiation Effects Research Foundation, Hiroshima, Japan (1988).

[6] LITTLEFIELD, L.G., et al., "Cytogenetic dose estimates from in vivo samples from persons involved in real or suspected radiation exposure", The Medical Basis for Radiation Accident Preparedness (HUBNER, K.F., FRY, S.A., Eds), Elsevier and North-Holland, Amsterdam and New York (1980).

[7] LLOYD, D.C., et al., Doses in Radiation Accidents Investigated by Chromosome Aberration Analysis, Rep. NRPB-R-128, National Radiological Protection Board, Oxford (1982).

[8] PRESTON, D.L., et al., Comparison of the Dose–Response Relationships for Chromosome Aberration Frequencies between the T65D and DS86 Dosimetries, Rep. RERF-TR-7-88, Radiation Effects Research Foundation, Hiroshima, Japan (1988).

[9] WANG, Z., et al., Thyroid nodularity and chromosome aberrations among women in areas of high background radiation in China, J. Natl. Cancer Inst. **82** (1990) 478.

[10] AKIYAMA, M., et al., Development of the Assay for Detection of Somatic Mutation in Radiation-Exposed People by Means of Flow Cytometry, Elsevier, Amsterdam and New York (in press).

[11] KYOIZUMI, S., et al., Detection of somatic mutations at the glycophorin A locus in erythrocytes of atomic bomb survivors using a single beam flow sorter, Cancer Res. **49** (1989) 581.

[12] KYOIZUMI, S., et al., Spontaneous loss and alteration of antigen receptor expression in mature $CD4^+$ T cells, J. Exp. Med. **171** (1990).

[13] KYOIZUMI, S., et al., Frequency of Mutant T Lymphocytes Defective in the Expression of the T-cell Antigen Receptor Gene among Radiation-Exposed People, Rep. RERF-TR-10-90, Radiation Effects Research Foundation, Hiroshima, Japan (1990).

[14] BRESLOW, N.E., Extra-Poisson variation in log-linear models, Appl. Stat. **33** (1984) 38.

[15] ANDREWS, G.A., et al., "Haematological effects of whole-body radiation in the human being", Effects of Ionizing Radiations on the Haematopoietic Tissue (Proc. Panel Vienna, 1966), IAEA, Vienna (1967) 75.

[16] BARABANOVA, A.V., et al., Acute Radiation Effects in Man, USSR State Committee on the Utilization of Atomic Energy, USSR Ministry of Health (1986).

[17] CRONKITE, E.P., "Kinetics of human haematopoiesis", Effects of Ionizing Radiations on the Haematopoietic Tissue (Proc. Panel Vienna, 1966), IAEA, Vienna (1967) 6.

[18] GUS'KOVA, A.K., Current problems of radiation sickness prophylaxis and treatment, Med. Radiol. **9** (1986) 3.

[19] Effects of Ionizing Radiations on the Haematopoietic Tissue (Proc. Panel Vienna, 1966), IAEA, Vienna (1967).

[20] METTLER, F.A., MOSELEY, R.D., Medical Effects of Ionizing Radiation, Grune and Stratton, Orlando, Florida (1985).

[21] METTLER, F.A., KELSEY, C.A., RICKS, R.C. (Eds), Medical Management of Radiation Accidents, CRC Press, Boca Raton, Florida, USA (1990).

[22] GUS'KOVA, A.K., et al., "Acute effects of radiation exposure following the Chernobyl accident: immediate results of radiation sickness and outcome of treatment", Medical Aspects of the Chernobyl Accident, IAEA-TECDOC-516, IAEA, Vienna (1989) 233.

[23] FINCH, S.C., FINCH, C.A., Summary of the Studies at ABCC-RERF concerning the Late Haematologic Effects of Atomic Bomb Exposure in Hiroshima and Nagasaki, Rep. RERF-TR-23-88, Radiation Effects Research Foundation, Hiroshima, Japan (1985).

[24] ANDERSON, R.E., WARNER, N.L., Ionizing radiation and the immune response, Adv. Immunol. **24** (1976) 215.

[25] ANDERSON, R.E., WILLIAMS, W.I., Radiosensitivity of T and B lymphocytes versus effective whole body irradiation on numbers of recirculating T cells and capacity to recognize antigens, Am. J. Pathol. **89** (1977) 367.

[26] ANDERSON, R.E., LEFKOVITS, I., TROUP, G.M., "Radiation-induced augmentation of the immune response", Contemporary Topics in Immunobiology (WARNER, N.L., Ed.), Vol. 2, Ch. 8, Plenum Press, New York and London (1980) 245.

[27] ANDERSON, R.E., LEFKOVITS, I., Effects of irradiation on the in vitro immune response, Exp. Cell. Biol. **48** (1980) 255.

[28] ANDERSON, R.E., STANDEFER, J.C., "Radiation injury of the immune system", Cytotoxic Insult to Issues: Effects on Cell Lineages (POTTEN, C.S., HENDRY, J.H., Eds), Churchill Livingstone, Edinburgh (1983) 67.

[29] TALLIAFERRO, W.H., TALLIAFERRO, L.G., JAROSLOW, B.N., Radiation and Immune Mechanisms, Academic Press, New York (1964).

[30] Workshop on Low Dose Radiation and the Immune System, Frankfurt, May 1987, Int. J. Radiat. Biol. (Special Issue) **53** (1988) 1.

[31] BRAEMAN, J., BIRCH, A., DEELEY, T.J., Depression of in vitro lymphocyte reactivity after radical radiotherapy, Ann. Clin. Res. **6** (1974) 338.

[32] GLAS, U., WASSERMAN, J., Effect of radiation treatment on cell-mediated immune response in carcinoma of the breast, Acta Radiol., Ther., Phys., Biol. **13** (1974) 83.

[33] CONARD, R.A., et al., Immunohematological studies of Marshall islanders 16 years after fallout radiation exposure, J. Gerontol **26** 1 (1971) 26.

[34] SASAGAWA, S., et al., Whole-blood Phagocytic and Bactericidal Activities of Atomic Bomb Survivors, Hiroshima and Nagasaki, Rep. RERF-TR-1-89, Radiation Effects Research Foundation, Hiroshima, Japan (1989).

[35] FEYERABEND, T., et al., Incidence of hypothyroidism after irradiation of the neck, Acta Oncol. **29** (1990) 597.

[36] NAGATAKI, S., "Delayed effects of atomic bomb radiation on the thyroid", Radiation and the Thyroid (NAGATAKI, S., Ed.), Excerpta Medica, Amsterdam (1989) 1.

[37] BECKER, D.V., "Medical radiation: Comparison of iodine-131 therapy and alternative treatments of hyperthyroidism", ibid., 57.

[38] STANBURY, J.B., HETZEL, B.S. (Eds), Endemic Goiter and Endemic Cretinism: Iodine Nutrition in Health and Disease, Wiley, New York (1980).

[39] KONISHI, J., et al., "Radiation therapy for Graves' disease in Japan", Radiation and the Thyroid (NAGATAKI, S., Ed.), Excerpta Medica, Amsterdam (1989).

[40] MYRDACZ, P., Die Verbreitung der zu Kriegsdiensten untauglich machenden Gebiete der Verpflichtungen in Oesterreich-Ungarn, VI Int. Congr. Hygiene und Demographie: Arbeiten der Demographischen Sektion, 25, Wien (1887) 1.

[41] LANGER, P., "Eastern and southeastern Europe", Endemic Goiter and Endemic Cretinism (STANBURY, J.B., HETZEL, B.S., Eds), Wiley, New York (1980) 141.

[42] CORREA, P., "Pathology of endemic goitre", ibid., p. 303.

[43] ERMANS, A.M., "Etiopathogenesis of endemic goiter", ibid., p. 287.

[44] ARNDT, H.J., Der Kropf in Russland, G. Fischer, Jena (1931).

[45] KELLY, F.C., SNEDDEN, W.W., "Prevalence and geographical distribution of endemic goitre", Endemic Goitre, WHO (1960) 27.

[46] NIKOLAEV, O.V., Endemic Goitre, MEDGIZ, Moscow (1955) (in Russian).

[47] THILLY, C.H., DELANGE, F., "Epidemiologic surveys in endemic goiter and cretinism", Endemic Goiter and Endemic Cretinism (STANBURY, J.B., HETZEL, B.S., Eds), Wiley, New York (1980) 157.

[48] TROWBRIDGE, F.L., et al., Iodine and goiter in children, Pediatrics **56** (1975) 82.

[49] DUNN, J.T., VAN DER HARR, F., A Practical Guide to the Correction of Iodine Deficiency, Technical Manual No. 3, International Council for Control of Iodine Deficiency Disorders (ICCIDO), WHO (1990).

[50] COMMITTEE ON THE BIOLOGICAL EFFECTS OF IONIZING RADIATION (BEIR), Health Effects of Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation, National Research Council, National Academy Press, Washington, DC (1990).

[51] CONARD, R.N., et al., "Thyroid nodules as a late effect of exposure to fallout", Radiation-Induced Cancer (Proc. Symp. Athens, 1969), IAEA, Vienna (1969) 325.

[52] DOBYNS, B.M., et al., Malignant and benign neoplasmas of the thyroid in patients treated for hyperthyroidism: A report of the cooperative thyrotoxicosis therapy follow-up study, J. Clin. Endocrinol. **38** (1974) 976.

[53] HEMPLEMANN, L.H., Risk of thyroid neoplasms after irradiation in childhood, Science **160** (1968) 159.

[54] MAXON, L.R., et al., Ionizing radiation and the induction of clinically significant disease in the human thyroid gland, Am. J. Med., **63** (1977) 967.

[55] MORTENSEN, J.D., WOOLNER, L.B., BENNETT, W.A., Gross and microscopic findings in clinically normal thyroid glands, J. Clin. Endocrinol. Metab. **15** (1955) 1270.

[56] RALLISON, M.L., et al., Thyroid nodularity in children, J. Am. Med. Assoc., **233** (1975) 1069.

[57] ROBBINS, J., ADAMS, W.H., "Radiation effects in the Marshall islands", Radiation in the Thyroid (NAGATAKI, S., Ed.), Excerpta Medica, Amsterdam (1989).

[58] VANDER, J.B., GASTON, E.A., DAWBER, T.R., The significance of nontoxic thyroid nodules: Final report of a 15-year study of the incidence of thyroid malignancy, Ann. Intern. Med. **69** (1968) 537.

[59] SHELINE, G.F., et al., Thyroid nodules occurring late after treatment of thyrotoxicosis with radioiodine, J. Clin. Endocrinol. Metab. **22** (1962).

[60] SARDA, A.K., KAPUR, M.M., Thyroid carcinoma: A report of 206 cases from an area with endemic goitre, Acta Oncol. **29** (1990) 863.

[61] KAPLAN, N.M., Clinical Hypertension, 5th edn, Williams and Wilkins, London (1990).

[62] WORLD HEALTH ORGANIZATION/ INTERNATIONAL SOCIETY OF HYPERTENSION, J. Hypertension **7** (1989) 689.

[63] DYKEN, J.L., et al., Risk factors in stroke, Stroke **15** (1984) 1105.

[64] KANNEL, W.B., DANNENBERG, A.L., ABBOTT, R.D., Am. Heart J. **109** (1985) 581.

[65] KANNEL, W.B., et al., J. Am. Med. Assoc. **245** (1981) 1225.

[66] KAPLAN, N.M., Arch. Intern. Med. **149** (1989) 1514.

[67] SONNE-HOLM, S., et al., Independent effects of weight change and attained body weight on prevalence of arterial hypertension in obese and non-obese men, Br. Med. J. **299** (1989) 767.

[68] AFFARAH, H.B., et al., High carbohydrate diet, antineuretic and blood pressure response in normal men, Am. J. Clin. Nutr. **44** (1986) 341.

[69] BALLANTYNE, D., DEVINE, B.L., FILE, R., Interrelation of age, obesity, cigarette smoking and blood pressure in hypertensive patients, Br. Med. J. **1** (1978) 880.

[70] FAJARDO, L.F., STEWART, J.R., Radiation induced heart disease: human and experimental observations, Drug-Induced Heart Disease (BRISTOW, M., Ed.), Vol. 5, Elsevier and North-Holland, Amsterdam and New York (1980) 241.

[71] FAJARDO, L.F., Pathology of Radiation Injury, Masson Publishing, New York (1982).

[72] RUBIN, P., CASARETT, G.W., Clinical Radiation Pathology, W.B. Saunders, Philadelphia (1968).

[73] STEWART, J.R., FAJARDO, L.F., Radiation-induced heart disease, Front. Radiat. Ther. Oncol. **6** (1972) 274.

[74] UNITED NATIONS SCIENTIFIC COMMITTEE ON THE EFFECTS OF ATOMIC RADIATION (UNSCEAR), Ionizing Radiation Sources and Biological Effects, 1982 Report to the General Assembly with Annexes, United Nations, New York (1982).

[75] DISASTER RESEARCH CENTRE (DRC), DRC Publications List, Ohio State University, Columbus, Ohio (1981).

[76] LIPTON, R.J., OLSON, E., The human meaning of total disaster: the Buffalo Creek experience, Psychiatry **39** (1976) 1.

[77] ADAMS, P.R., ADAMS, G.E., Mount Saint Helens's ashfall: evidence for a disaster stress reaction, Am. Psychol. **39** 3 (1984) 252.

[78] SELIGMAN, M.E.P., Helplessness: on Depression, Development and Health, Freeman, San Francisco (1975).

[79] LAZARUS, R.S., Psychological Stress and the Coping Process, McGraw Hill, New York (1966).

[80] COX, T., Stress, coping and problem solving, Work and Stress **1** (1987) 5.

[81] BROWN, G., HARRIS, T., Social Origins of Depression, Tavistock, London (1978).

[82] BAUM, A., GATCHELL, R.J., SCHAEFFER, M., Emotional, behavioural and physiological effects of chronic stress at Three Mile Island, J. Consult. Clin. Psychol. **51** (1983) 565.

[83] COLLINS, D.L., BAUM, A., SINGER, J.E., Coping with chronic stress at Three Mile Island, J. Appl. Soc. Psychol. **128** (1983) 280.

[84] ROMANENKO, A.E., "Protection of health during a large scale accident", Medical Aspects of the Chernobyl Accident, IAEA-TECDOC-516, IAEA, Vienna (1989) 65.

[85] LEE, T.R., Paper delivered at IAEA Scientific Meeting (1988) Vienna (unpublished).

[86] LEE, T.R., "Moving house and home", On the Move: The Psychology of Change and Transition (FISHER, S., COOPER, G., Eds), Wiley, Chichester (1990).

[87] HARSHBARGER, P., "An ecologic perspective on disaster intervention", Emergency and Disaster Management (PARAD, H.J., RESNICK, H.O.P., PARAD, L.G., Eds), Charles Press, Bowie, MD, USA (1976).

[88] COHEN, M.M., DIAMOND, J.M., Are we losing the war on cancer?, Nature **323** (1986) 488.

[89] PARR, R.M., SCHELENZ, R., BALLESTRA, S., IAEA biological reference materials, Fresenius' Z. Anal. Chem. **332** (1988) 518.

[90] PARR, R.M., et al., "Dietary intakes of trace elements and related nutrients in eleven countries: Preliminary results from an IAEA coordinated research programme", Trace Elements in Man and Animals (Proc. 7th Int. Symp. Dubrovnik, 1990), IMI, University of Zagreb, Zagreb (1991).

[91] CORTES TORO, E., PARR, R.M., CLEMENTS, S.A., Biological and Environmental Reference Materials for Trace Elements, Nuclides and Organic Microcontaminants: A Survey, Rep. IAEA/RL/128 (Rev. 1), IAEA, Vienna (1990).

[92] WORLD HEALTH ORGANIZATION, Energy and Protein Requirements, Technical Reports Series No. 724, WHO, Geneva (1985).

[93] INTERNATIONAL COUNCIL FOR CONTROL OF IODINE DEFICIENCY DISORDERS (ICCIDD), A Practical Guide to the Correction of Iodine Deficiency, Technical Manual No. 3, ICCIDD, WHO (1990).

[94] WORLD HEALTH ORGANIZATION, Trace Elements in Human Nutrition, Report of an Expert Consultation, June 1990 (in preparation).

[95] WORLD HEALTH ORGANIZATION, Environmental Health Criteria 3, Lead, WHO, Geneva (1977).

[96] LEE, W.R., MOORE, M.R., Low level exposure to lead — the evidence for harm accumulates, Br. Med. J. **301** (1990) 504.

[97] WORLD HEALTH ORGANIZATION, Evaluation of Certain Food Additives and Contaminants, Technical Reports Series No. 751, WHO, Geneva (1987).

[98] FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION, Meeting the Nutrition Challenge, a Joint FAO/WHO Framework Paper, FAO, Rome (1990).

[99] FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION, Requirements of Vitamin-A, Iron, Folate and Vitamin-B12, FAO, Rome (1988).

[100] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Human Dietary Intakes of Trace Elements: a Global Survey, IAEA-TECDOC (in preparation).

[101] IYENGAR, V., WOITTIEZ, J., Trace elements in human clinical specimens: evaluation of literature data to identify reference values, Clin. Chem. **34** (1988) 474.

[102] PRASAD, A.S., "Clinical spectrum and diagnostic aspects of human zinc deficiency", Current Topics in Nutrition and Disease, Vol. 18, Alan R. Liss, New York (1988).

[103] CASEY, C.E., Selenophilia, Proc. Nutr. Soc. **47** (1988) 55.

[104] ROSENFELD, I., BEATH, O.A., Selenium: Geobotany, Biochemistry, Toxicity and Nutrition, Academic Press, New York (1980).

[105] YANG, G., et al., Endemic selenium intoxication in humans in China, Am. J. Clin. Nutr. **37** (1983) 872.

[106] ARTHUR, J.R., NICOL, F., BECKETT, G.F., Hepatic iodothyronine 5'-deiodinase: The role of selenium, Biochem. J. **272** (1990) 537.

[107] BEHNE, D., KYRIAKOPOULOS, A., MEINHOLD, H., KÖHRLE, J., Identification of type I iodothyronine 5'-deiodinase as a selenoenzyme, Biochem. Biophys. Res. Commun. **173** (1990) 1143.

[108] KAPLAN, N.M., Dietary salt intake and blood pressure, J. Am. Med. Assoc. **251** (1984) 1429.

[109] INTERSALT COOPERATIVE RESEARCH GROUP, Intersalt: An international study of electrolyte excretion and blood pressure: Results for 24 hour urinary sodium and potassium excretion, Br. Med. J. **297** (1988) 319.

[110] JOOSSENS, J.V., Salt and cancer, Nutr. Cancer **8** (1986) 29.

[111] OTAKE, M., SCHULL, W.J., The relationship of gamma and neutron radiation to posterior lenticular opacities among atomic bomb survivors in Hiroshima and Nagasaki, Radiat. Res. **92** (1982) 574.

[112] OTAKE, M., SCHULL, W.J., Radiation-Related Posterior Lenticular Opacities in Hiroshima and Nagasaki Atomic Bomb Survivors Based on T65DR and DS86 Dosimetry Systems, Rep. RERF-TR-4-89, Radiation Effects Research Foundation, Hiroshima, Japan (1982).

[113] CHOSHI, K., et al., Ophthalmologic Changes Related to Radiation Exposure and Age in the Adult Health Study Sample, Hiroshima and Nagasaki, Rep. RERF-TR-8-82, Radiation Effects Research Foundation, Hiroshima, Japan (1982).

[114] CHOSHI, K., et al., Ophthalmologic changes related to radiation exposure and age in adult health study sample, Hiroshima and Nagasaki, Radiat. Res. **96** (1983) 560.

[115] DODO, T., Cataracts, review of thirty years study of Hiroshima and Nagasaki atomic bomb survivors, J. Radiat. Res., Suppl. (1975) 132.

[116] MERRIAM, G.R., SZECHTER, A., FOCHT, E.F., The effects of ionizing radiations on the eye, Front. Radiat. Ther. Oncol. **6** (1972) 346.

[117] UNITED NATIONS SCIENTIFIC COMMITTEE ON THE EFFECTS OF ATOMIC RADIATION (UNSCEAR), Genetic and Somatic Effects of Ionizing Radiation, 1986 Report to the General Assembly with Annexes, United Nations, New York (1986).

[118] UNITED NATIONS SCIENTIFIC COMMITTEE ON THE EFFECTS OF ATOMIC RADIATION (UNSCEAR), Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation, 1988 Report to the General Assembly with Annexes, United Nations, New York (1988).

[119] HIGH BACKGROUND RADIATION RESEARCH GROUP, China health survey in high background radiation areas in China, Science **209** (1980) 877.

[120] Late Biological Effects of Ionizing Radiation (Proc. Symp. Vienna, 1978), 2 vols, IAEA, Vienna (1978).

[121] DOLL, R., PETO, R., The Causes of Cancer: Quantitative Assessment of Avoidable Risks of Cancer in the United States Today, Oxford University Press, Oxford (1981) (first published in J. Natl. Cancer Inst. **66** (1981) 1191).

[122] BEEBE, G.W., KATO, H., LAND, C.E., Studies of the mortality of A-bomb survivors. 6. Mortaility and radiation dose, 1950–1974, Radiat. Res. **75** (1978) 138.

[123] BEEBE, G.W., KATO, H., LAND, C.E., Studies of the Mortality of A-bomb Survivors. 1. Mortality Experience of A-Bomb Survivors, 1950–1974. Rep. RERF-TR-1-77, Radiation Effects Research Foundation, Hiroshima, Japan (1977).

[124] BERAL, V., et al., Mortality of employees of the United Kingdom Atomic Energy Authority, 1946–1979, Br. Med. J. **291** (1985) 440.

[125] BOICE, J.D., HUTCHINSON, G.B., Leukaemia and women following radiotherapy for cervical cancer: Ten year follow-up of an international study, J. Natl. Cancer Inst. **65** (1980) 115.

[126] BOICE, J.D., et al., "Cancer risk following radiotherapy of cervical cancer: A preliminary report", Radiation Carcinogenesis: Epidemiology and Biological Significance (BOICE, J.D., FRAUMENI, J.F., Eds), Raven Press, New York (1984) 161.

[127] DARBY, S.C., et al., Long term mortality after a single treatment course with X-rays in patients treated for ankylosing spondylitis, Br. J. Cancer **55** (1987) 179.

[128] DARBY, S.C., NAKASHIMA, E., KATO, H., A parallel analysis of cancer mortality among atomic bomb survivors and patients with ankylosing spondylitis given X-ray therapy, J. Natl. Cancer Inst. **75** (1985) 1.

[129] KATO, H., SCHULL, W.J., Studies of the mortality of A-bomb survivors. 7. Mortality 1950–1978; Part 1, Cancer mortality, Radiat. Res. **90** (1982) 395.

[130] PRESTON, D.L., KATO, H., KOPECKY, K.J., FUJITA, S., Life Span Study Report 10, Part 1, Cancer Mortality Among A-Bomb Survivors in Hiroshima and Nagasaki, 1950–1982. Rep. RERF-TR-1-86, Radiation Effects Research Foundation, Hiroshima, Japan (1987).

[131] PRESTON, D.L., KATO, H., KOPECKY, K.J., FUJITA, S., Life span study report 10, Part 1: Cancer mortality among A-bomb survivors in Hiroshima and Nagasaki, 1950–1982. Radiat. Res. **111** (1987) 151.

[132] LAND, C.E., NORMAN, J.E., "Latent period for radiogenic cancers occurring among Japanese A-bomb survivors", Late Biological Effects of Ionizing Radiation (Proc. Symp. Vienna, 1978), Vol. 1, IAEA, Vienna (1978) 29.

[133] CONARD, R.A., Acute myelogenous leukemias following fallout radiation exposure, J. Am. Med. Assoc. **232** (1975) 1356.

[134] FINCH, S.C., "Leukaemia and lymphoma in atomic bomb survivors", Radiation Carcinogenesis: Epidemiology and Biological Significance (BOICE, J.D., FRAUMENI, J.F., Eds), Raven Press, New York (1984) 37.

[135] HUTCHINSON, G.B., Leukemia in patients with cancer of the cervix uteri treated with radiation: A report covering the first five years of an international study, J. Natl. Cancer Inst. **49** (1968) 951.

[136] ICHIMARU, M., et al., Incidence of Leukemia in A-Bomb Survivors by Dose, Years after Exposure, Age and Type of Leukemia, 1950–1971, Rep. RERF-TR-10-76, Radiation Effects Research Foundation, Hiroshima, Japan (1976).

[137] LAND, C.E., McKAY, F.W., MACHADO, S.G., Childhood leukemia and fallout from the Nevada nuclear tests, Science **223** (1984) 139.

[138] CONARD, R.A., "Late radiation effects in Marshall islanders exposed to fallout 28 years ago", Radiation Carcinogenesis: Epidemiology and Biological Sig-

nificance (BOICE, J.D., FRAUMENI, J.F., Eds), Raven Press, New York (1984) 57.

[139] DUFFY, B.J., FITZGERALD, P.J., Cancer of the thyroid in children. A report of 28 cases, J. Clin. Endocrinol. Metab. **10** (1950) 1296.

[140] PARKER, L.N., et al., Thyroid Carcinoma Diagnosed between 13 and 26 Years after Exposure to Atomic Radiation. Rep. ABCC-JNIH-5-73, Atomic Bomb Casualty Commission/Japanese National Institute of Health, Nagasaki, Japan (1973).

[141] RON, E., et al., Thyroid neoplasia following low-dose radiation in childhood, Radiat. Res. **120** (1989) 516.

[142] SHORE, R.E., et al., Thyroid tumors following thymus irradiation, J. Natl. Cancer Inst. **74** (1985) 1177.

[143] NATIONAL COUNCIL ON RADIATION PROTECTION AND MEASUREMENTS (NCRP), Induction of Thyroid Cancer by Ionizing Radiation, Rep. NCRP No. 80, Bethesda, MD, NCRP, USA (1985).

[144] BRENT, R.L., GORSON, R., "Radiation exposure in pregnancy", Current Problems in Radiology, Year Book Medical Publishers Chicago (1972).

[145] DEKABAN, A.S., Abnormalities in children exposed to X-radiation during various stages of gestation. A tentative time table of radiation injury in the human fetus, J. Nucl. Med. **9** (1978) 47.

[146] HOFFMAN, D.A., FELTEN, R.P., CYR, W.H., Effects of Ionizing Radiation on the Developing Embryo and Fetus: A Review, Rep. HHS/PUB/FDA-81-8170, Health and Human Services Publication, Food and Drug Administration, Washington, DC (1981).

[147] INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION, Developmental Effects of Irradiation on the Brain of the Embryo and Fetus, Publication 49, Pergamon Press, Oxford and New York (1986).

[148] MILLER, R.W., MULVIHILL, J.J., Small head size after atomic irradiation, Teratology **14** (1976) 355.

[149] OTAKE, M., SCHULL, W.J., YOSHIMARU, H., A Review of Radiation Related Brain Damage in the Prenatally Exposed Atomic Bomb Survivors, Rep. RERF-TR-4-89, Radiation Effects Research Foundation, Hiroshima, Japan (1989).

[150] OTAKE, M., et al., Congenital Malformations, Stillbirths, and Early Mortality among the Children of Atomic Bomb Survivors: A Reanalysis, Rep. RERF-TR-13-89, Radiation Effects Research Foundation, Hiroshima, Japan (1989).

[151] OTAKE, M., SCHULL, W.J., In utero exposure to A-bomb radiation and mental retardation. A reassessment, Br. J. Radiol. **57** (1984) 409.

[152] OTAKE, M., YOSHIMARU, H., SCHULL, W.J., Severe Mental Retardation among the Prenatally Exposed Survivors of the Atomic Bombing of Hiroshima and Nagasaki: A Comparison of the T65DR and DS86 Dosimetry Systems, Rep. RERF-TR-16-87, Radiation Effects Research Foundation, Hiroshima, Japan (1987).

[153] YAMAZAKI, J.N., WRIGHT, S.W., WRIGHT, P.M., A study of the outcome of pregnancy in women exposed to the atomic bomb in Nagasaki, J. Cell Comp. Physiol. **43** (1954) 319.

[154] YAMAZAKI, J.N., WRIGHT, S.W., WRIGHT, P.M., Outcome of pregnancy in women exposed to the atomic bomb in Nagasaki, Am. J. Dis. Child. **87** (1954) 448.

[155] YOSHIMOTO, Y., KATO, H., SCHULL, W.J., Risk of Cancer among in Utero Children Exposed to A-Bomb Radiation, 1950–1984, Rep. RERF-TR-4-88, Radiation Effects Research Foundation, Hiroshima, Japan (1988).

[156] MacMAHON, B., Prenatal X-ray exposure and childhood cancer, J. Natl. Cancer Inst. **28** (1962) 1173.

[157] COURT-BROWN, W.M., DOLL, R., HILL, A.B., Incidence of leukemia after exposure to diagnostic radiation in utero, Br. Med. J. **2** (1960) 1539.

[158] JABLON, S., KATO, H., Sex ratio in offspring survivors exposed prenatally to the atomic bombs in Hiroshima and Nagasaki, Am. J. Epidemiol. **93** (1971) 253.

[159] ABRAHAMSON, S., "Risk estimates for genetic effects", Assessment of Risk from Low Level Exposure to Radiation and Chemicals: A Critical Overview (WOODHEAD, A.D., et al., Eds), Plenum Press, New York (1985) 223.

[160] NEEL, J.V., et al., Search for Mutations Altering Protein Structure and/or Function in Children of Atomic Bomb Survivors: Final Report, Rep. RERF-TR-10-87, Radiation Effects Research Foundation, Hiroshima, Japan (1987).

[161] NEEL, J.V., et al., Search for mutation affecting protein structure in children of atomic bomb survivors: Preliminary report, Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. **77** (1980) 4221.

[162] SCHULL, W.J., OTAKE, M., NEEL, J.V., "Hiroshima and Nagasaki: A reassessment of the mutagenic effect of exposure to ionizing radiation", Population and Biological Aspects of Human Mutation, Academic Press, New York (1981) 277.

[163] SCHULL, W.J., OTAKE, M., NEEL, J.V., Genetic effects of the atomic bomb: a reappraisal, Science **213** (1981) 11.

[164] SCHULL, W.J., KATO, H., Malignancies and exposure of the young to ionizing radiation, Cancer Bull. **34** (1982) 84.

[165] YOSHIMOTO, Y., NEEL, J.V., SCHULL, W.J., Frequency of Malignant Tumors during the First Two Decades of Life in the Offspring (F1) of Atomic Bomb Survivors, Rep. RERF-TR-4-90, Radiation Effects Research Foundation, Hiroshima, Japan (1990).

[166] CZEIZEL, A., The base-line data of the Hungarian congenital malformation Registry, 1970–1976, Acta Paediatr. Acad. Sci. Hung. **19** (1978) 149.

[167] CZEIZEL, A., The Hungarian congenital monitoring system, Acta Paediatr. Acad. Sci. Hung. **19** (1978) 225.

[168] MYNANTHOPOULOS, N.C., CHUNG, C.S., "Congenital malformations in Singletons: Epidemiological survey", Vol. 10, Birth Defects Original Article Series, The National Foundation, March of Dimes, White Plains, New York (1974) 1.

[169] KULESHOV, N.P., Chromosome anomalies of infants dying during the perinatal period, Hum. Genet. **23** (1976) 151.

[170] MAEDA, T., et al., A cytogenetic survey of consecutive liveborn infants: incidence and type of chromosome abnormalities, Jap. J. Hum. Genet. **23** (1978) 217.

[171] WALZER, S., GERALD, P.S., "A chromosome survey of 13 571 male newborns", Population Cytogenetics: Studies in Humans (HOOK, E.B., PORTER, I.H., Eds), Academic Press, New York (1977) 45.

[172] INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION. 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, Publication 60, Pergamon Press, Oxford and New York (1990).

Часть E

Приложение

Перечень аналитических лабораторий и методов

Код анал. лаборатории	Адрес института	Ответственные лица	Анализируемые элементы	Матрица	Аналитический метод	Контроль качества (Справочные материалы)
AUS-1	Bundesanstalt für Lebensmitteluntersuchung und Forschung Kinderspitalgasse 15 A-1090 Vienna, Austria	F. Vojir R. Zahlbruckner	Свинец, кадмий	Продукты питания, рацион питания	ААС (атомноабсорбционная спектрометрия) с коррекцией Зеемановского фона; графитовый тигель с платформой; фосфат аммония в качестве модификатора матрицы	Reference materials: IAEA-155, IAEA-H-9, IAEA-V-10, Bowen's Kale, ARC/CL-TD, NIST-SRM-1575
AUS-2	Bundesanstalt für Lebensmitteluntersuchungen Beethovenstraße 8 A-8010 Graz, Austria	H. Holzer R. Schindler	Свинец, кадмий	Продукты питания, рацион питания	ААС с коррекцией Зеемановского фона; графитовый тигель, нитрат палладия/магния (для свинца) и нитрат палладия/магния + фосфат аммония (для кадмия) в качестве модификатора матрицы	Reference materials: IAEA-155, IAEA-H-9, IAEA-A-11, Bowen's Kale, ARC/CL-TD
FIN-1	Agricultural Research Centre of Finland Central Laboratory SF-31600 Jokioinen, Finland	J. Kumpulainen	Бор, кальций, кадмий, железо, калий, магний, марганец, натрий, фосфор, свинец, селен, цинк	Рационы питания	ААС с коррекцией Зеемановского фона и использование модификатора матрицы (аммоний-ди-гидрофосфат) для кадмия и свинца; метод стандартных добавок для кадмия, свинца и селена; ICP-ES (эмиссионная спектрометрия с индуктивно связанной плазмой) с одновременным определением содержания других элементов	Reference materials: IAEA-153, ARC/CL-TD, Bowen's Kale, NIST-RM-8431a, внутреннего пользования
GER-1	Medizinische Universitätsklinik für Innere Medizin Ratzeburger Allee 160 D-W-2400 Lübeck, Germany	R. Gutekunst	Йод	Моча	Спектофотометрия	Внутренние стандарты
IAEA-1	International Atomic Energy Agency Laboratory Seibersdorf A-1400 Vienna, Austria	R. Ogris	Ртуть, кадмий, селен, кобальт, рубидий, хром, железо, цинк	Рацион питания	НАА (нейтронный активационный анализ); большинство анализов выполнено приборными средствами; некоторые показатели проверены с помощью радиохимической сепарации (экстракция растворителя) перед определением активности	Биологические эталоны, имеющие удовлетворение МАГАТЭ

Код анал. лаборатории	Адрес института	Ответственные лица	Анализируемые элементы	Матрица	Аналитический метод	Контроль качества (Справочные материалы)
IAEA-2	International Atomic Energy Agency Laboratory Seibersdorf A-1400 Vienna, Austria	E. Wehrstein-Werner	Свинец, кадмий, калий, вода, натрий, медь, марганец, цинк	Рационы питания	AAC;AAC в пламени для цинка, калия, натрия, для других элементов: графитовый тигель с коррекцией Зеемановского фона, модификаторы матрицы: фосфат аммония для свинца и кадмия, лантан для натрия и калия	Reference materials: IAEA-A-11, IAEA-H-9, NIST-SRM-1643b
IAEA-3	International Atomic Energy Agency Laboratory Seibersdorf A-1400 Vienna, Austria	E. Zeiler	Кальций, мганий, марганец, фосфор, медь, цинк	Рационы питания	ICP-ES, медь — последовательно, ост. — одновременно	Reference materials: IAEA-H-9, NIST-SRM-1643b
ITA-1	ENEA CRE Casaccia Area Ambiente AMB-BIO S.P. Anguillarese 301 I-00600 Rome, Italy	G. Ingrao	Скандий, рубидий, цинк, железо, кобальт, барий, никель, марганец, селен, ртуть, хром, цезий	Рационы питания	INAA (приборный нейтроно-активационный анализ)	Reference materials: IAEA-H-9, Bowen's Kale
ITA-2	National Institute of Nutrition Via Ardeatina 546 I-00179 Rome, Italy	G.P. Santaroni	Свинец	Рационы питания	AAC, метод стандартных добавок	Reference material: IAEA-H-9
NET-1	Delft University of Technology Interfaculty Reactor Institute Department of Radiochemistry Mekelweg 15 NL-2629 JB Delft Netherlands	G.J. van den Berg M.J.J. Ammerlaan K.J. Volkers U.D. Woroniecka H.T. Wolterbeek	Свинец, кадмий	Лишайник	INAA для кадмия, AAC с графитовым тигелем для свинца, метод стандартных добавок	Reference material: BCR-CRM-060; внутренние стандарты
SWE-1	Department of Occupational Medicine University Hospital S-22185 Lund, Sweden	A. Schütz M. Abdulla	Свинец, кадмий, цинк, железо, медь	Кровь	AAC в пламени в графитовом тигеле	Внутренние стандарты, Seronorm
UK-1	Surrey Chemical Trace Analysis Research Department of Chemistry University of Surrey Guilford, Surrey GU2 5XH United Kingdom	N. Ward	Алюминий, мышьяк, бор, барий, бром, кальций, кадмий, кобальт, медь, хром, железо, марганец, магний, молибден, никель, свинец, рубидий, селен, стронций, ванадий, цинк	Волосы	ICP-MS (масс-спектрометрия с индуктивно связанной плазмой), условия исследования многих элементов	SINR Chinese reference hair (RM)

Часть E

Код анал. лабо-рато-рии	Адрес института	Ответственные лица	Анализиру-мые элементы	Матрица	Аналитический метод	Контроль качества (Справочные материалы)
YUG-1	E. Kardelj University Jozef Stefan Institute Nuclear Chemistry Department Jamova 39 YU-61111 Ljubljana Yugoslavia	P. Stegnar A. Prosenc M. Dermelj V. Stibilj	Селен, кадмий, йод	Рационы питания, соль, кровь	RNAA (нейтроно-активационный анализ с радиохимическим разделением)	Reference materials: NIST-SRM-1566a, NIST-SRM-1549, IAEA-MA/86, IAEA-MA(S), NRCC-TORT-1

Часть Ж
Защитные меры

Содержание

1. Введение 493

2. Международные принципы вмешательства после аварии с радиологическими последствиями 494
   2.1. Введение 494
   2.2. Основные принципы вмешательства 494
   2.3. Отсутствие взаимопонимания по уровням вмешательства и пределам доз 495

3. Национальная политика СССР в области защитных мер после чернобыльской аварии 497
   3.1. Введение 497
   3.2. Эвакуация и блокирование пищевых продуктов 497
   3.3. Дезактивация поверхностей 498
   3.4. Ограничения на потребление пищевых продуктов 498
   3.5. Переселение 499

4. Оценка защитных мер, предпринятых СССР 501
   4.1. Введение 501
   4.2. Эвакуация 502
   4.3. Блокирование щитовидной железы 502
   4.4. Ограничения на потребление пищевых продуктов 503
   4.5. Переселение 515

Литература 539

Приложение 1. Международные принципы вмешательства после радиационной аварии 541

Приложение 2. Контрмеры, которые необходимо осуществить после 1990 г. для обеспечения безопасного проживания населения на территориях, подвергшихся влиянию чернобыльской аварии 551

Приложение 3. Конференции в СССР по принятию решений 575

1. Введение

Одна из основных задач Международного чернобыльского проекта состояла в том, чтобы провести независимую оценку осуществленных или предложенных к осуществлению после аварии защитных мер, в особенности тех, которые позволят населению в СССР "безопасно" проживать в загрязненных районах. В Части Б указывается, что слова "безопасность", "безопасный", "безопасно" являются довольно сложными понятиями. При обычном употреблении они передают смысл отсутствия опасности. В техническом лексиконе, однако, эти термины используются во вспомогательном значении для выражения эффективных методов предотвращения ущерба или сведения его к минимуму. Разница между этими двумя понятиями вызвала целый ряд проблем при их толковании в прошлом и действительно считалась одной из самых трудных задач применительно к загрязненным районам. Признано, что даже в повседневной жизни невозможно полностью освободиться от риска или добиться абсолютной безопасности.

Принятие решения по введению защитных мер представляет собой весьма сложную проблему в связи с тем, что при этом требуется найти сбалансированное решение по целому ряду порой противоречивых составляющих. Даже в самой элементарной ситуации такие решения представляют проблему; они наверняка будут подвергнуты определенной критике и не вызовут одобрения, т. к. предпосылки к их принятию будут понятны лишь узкому кругу ответственных лиц. С учетом беспрецедентного масштаба мер по радиационной безопасности, принятых после чернобыльской аварии, нет ничего удивительного в том, что предпринятые меры вызвали столько дебатов и разногласий. Необходимость в принятии таких мер на протяжении нескольких лет после аварии еще более усложнила данный процесс, в частности тем, что предоставила возможность различным группам с диаметрально противоположными интересами вести непрекращающиеся дебаты по данной проблеме, что, соответственно, вызвало определенную обеспокоенность среди населения, подвергшегося облучению. Политизация данного вопроса в недавнем прошлом, а также происходящие перемены в политической и экономической системах Советского Союза усложнили процесс формирования согласованного подхода в СССР к вышеуказанной проблеме.

Вопросы, выходящие за рамки чисто радиологической защиты, являются ключевыми при принятии решений и мер, определяющих наиболее приемлемую стратегию защиты при данных обстоятельствах. Некая абстрагированная оценка ситуации исключается полностью, и это означает, что при принятии решения следует исходить из вполне конкретных предпосылок. Из этого следует, что суждения относительно наиболее рационального комплекса мер безопасности могут быть совершенно различными, даже при одной и той же радиологической обстановке, в тех случаях, когда факторы социального или политического характера являются доминантными. При проведении данной оценки была предпринята попытка по возможности максимально четко разделить социально-политические аспекты проблемы и конкретные вопросы, такие, как угроза здоровью людей, оставшихся проживать в населенных пунктах, подвергшихся воздействию радиации, а также стоимость мероприятий по защите их здоровья.

Оценка выбора защитных мер состояла из трех основных частей. Во-первых, критерии, принимавшиеся либо предлагавшиеся советскими компетентными органами для проведения защитных мероприятий, сравнивались с международными, в частности, с разработанными в МАГАТЭ. Проводилось сравнение количественных критериев и их концептуальной основы. Во-вторых, был проведен анализ дополнительного риска для здоровья населения, оставшегося проживать в загрязненных районах, а также величины затрат и доз (риска), которых можно было бы избежать путем введения двух мер по защите: ограничения на потребление пищевых продуктов и переселения жителей в радиологически чистые районы. Основной задачей данных исследований явился анализ дополнительного риска, связанного с проживанием населения на загрязненных территориях, а также оценка выделенных, либо предлагаемых финансовых средств для улучшения условий такого проживания.Сравнения с другими рисками, присущими повседневной жизни, а также с расходами на улучшение здравоохранения в других районах позволили сделать это; однако и другие факторы, помимо сокращения затрат и снижения риска, часто имеют отношение к решениям о проведении защитных мероприятий. В-третьих, были также проанализированы некоторые другие факторы (помимо стоимости и риска), которые необходимо принимать во внимание при принятии решения о введении защитных мер в загрязненных районах. С этой целью было организовано пять конференций по принятию решений (поочередно в каждой из республик, затем на союзном уровне и Заключи-

тельная конференция), в которых приняли участие официальные лица, ответственные за принятие решений, а также их научные и технические консультанты. На этих конференциях были выявлены потенциально существенные факторы и оценена относительная важность каждого из них.

При проведении оценки главное внимание было уделено принимаемым или планируемым мерам безопасности начиная с 1990 года. Именно этот вопрос явился ключевым при обращении советских компетентных органов к МАГАТЭ с просьбой провести данные исследования. Оценка мероприятий, осуществленных до 1990 года, делалась в основном с позиции воссоздания их хронологии; при этом, что очень важно, принимался во внимание тот факт, что результаты действий, предпринятых в прошлом, часто влияют на решения, принимаемые на перспективу. Следует однако отметить, что оценка мероприятий, реализованных до 1990 года, в основном была сосредоточена на трех вышеперечисленных задачах, а именно: на сравнении применявшихся критериев и их концептуальной основы с международными критериями.

На оценку существенно повлияли как ограниченные сроки ее проведения, так и отсутствие необходимой информации. В ряде случаев принятый подход приходилось менять с тем, чтобы учесть оба из вышеперечисленных факторов. Во-первых, оценка "затраты–польза" в связи с переселением была сделана скорее в общем плане, нежели с учетом экономических и социальных данных каждого населенного пункта, откуда производилось переселение. Во-вторых, оценка "затраты–польза" в связи с ограничениями на потребление пищевых продуктов была существенно затруднена ввиду малого объема информации по количеству выделенных средств и эффективности целого ряда мер, своевременно и вполне успешно предпринятых для снижения доз внутреннего облучения. В результате данных ограничений анализ не был столь скрупулезным и всеобъемлющим, как это предполагалось, т. е. выводы, сделанные на основании проведенных оценок, нуждаются в более тщательном обосновании, чем это требовалось бы в ином случае.

Международный опыт по мерам безопасности изложен в разделе 2 и более подробно в Приложении 1 к данной Части. Критерии, используемые или предлагаемые советскими компетентными органами, приводятся в разделе 3. Оценка каждой из защитных мер дана в разделе 4, а выводы и рекомендации — в разделе 5. В Приложениях 2 и 3 содержится более подробный анализ эффективности затрат, связанных с такой защитной мерой, как переселение людей, а также итоги конференций по принятию решений, на которых обсуждались радиологические и нерадиологические факторы и их значимость в данной проблеме.

2. Международные принципы вмешательства после аварии с радиологическими последствиями

2.1. Введение

Контроль радиационного облучения после аварии с выбросом радионуклидов в окружающую среду может быть достигнут лишь с помощью некоторых форм вмешательства. Вмешательство осуществляется при использовании одного или нескольких защитных мероприятий: организация укрытий и убежищ, назначение препаратов стабильного йода (если радиоактивный йод входит в состав радиоактивного выброса), эвакуация, отселение, защита органов дыхания, индивидуальная санитарная обработка населения, контроль доступа в загрязненные районы, контроль состояния воды и пищи, дезактивация местности и имущества, а также использование индивидуальной защитной одежды. Международные принципы вмешательства носят намеренно общий характер, оставляя при этом место для действий с учетом конкретных обстоятельств, определяющих характер мероприятий. Такие решения не могут приниматься необоснованно, поскольку все эти меры приводят к изменениям в окружающей среде, к ограничению свободы выбора или действий людей, а, следовательно, связаны с расходами на социальные программы и непосредственным ущербом и нарушением уклада жизни некоторой части населения.

2.2. Основные принципы вмешательства

Принципы, на которых основываются меры вмешательства, подробно изложены в Приложе-

нии 1. Кратко их можно изложить следующим образом:

(а) вмешательство должно быть обосновано, то есть введение защитной меры должно принести больше пользы, чем вреда;
(б) уровень, при котором начинается вмешательство, и уровень, при котором оно прекращается, должны быть выбраны оптимальным образом, чтобы добиться максимальной чистой пользы;
(в) необходимо предпринять все возможные усилия для предотвращения серьезного детерминистского воздействия на здоровье людей посредством снижения доз, получаемых отдельными людьми, до уровней ниже пороговых значений этих воздействий.

Можно сказать, что вмешательство считается обоснованным, если предпринятые действия приносят чистую пользу. Это заявление не настолько очевидно, как может показаться на первый взгляд. В случае, если доза облучения намного ниже пороговых значений детерминистских воздействий, вред, приносимый вмешательством, может быть больше, чем польза от того, что люди избегнут облучения. Большинство мер вмешательства нарушает привычный уклад общественной и экономической жизни. Эти изменения вызывают тревогу, которая может нанести ущерб здоровью и благополучию больше, чем воздействие радиации. С другой стороны, если никакие меры защиты не принимаются, то и в этом случае возникает тревога, которая, в свою очередь, зачастую усиливается средствами массовой информации. Эти соображения очень усложняют процесс принятия решений по мерам вмешательства, в котором обычно должны участвовать не только представители организаций, занимающиеся радиационной защитой населения.

Как только определен характер мер вмешательства, принимаемые защитные меры должны быть оптимизированы. В широком смысле это означает, что снижение доз достигнуто, т. е. предотвращенные дозы должны быть сопоставлены с затратами (в самом широком смысле с денежными, социальными и т. д.) на проведение мероприятий по снижению этих доз.

2.3. Отсутствие взаимопонимания по уровням вмешательства и пределам доз

Очевидно имеется некоторое отсутствие взаимопонимания по поводу принципов, на которых основывается применение мер вмешательства. Наиболее часто они связаны с правильным определением дозовых пределов и дозиметрических количественных показателей, которые должны учитываться при сопоставлении объема затрат на реализацию мер по вмешательству и их эффективности, а также степенью реальности, которой следует придерживаться при оценке доз и затрат. Эти вопросы рассматриваются более подробно в Приложении 1 и в [1,2], а разъяснения по некоторым наиболее важным вопросам приводятся ниже.

2.3.1. Уровни вмешательства и пределы доз

Наблюдается значительная несогласованность в оценке роли дозовых пределов при определении уровней вмешательства после аварии. Эта несогласованность объясняется рядом причин, среди которых не последнее место занимает тот факт, что количественное значение доз, предлагаемых для уровня вмешательства, иногда равно значению годовой предельной дозы. Несмотря на такое числовое равенство, эти два количественных показателя принципиально отличаются и по назначению, и по методу определения. Необходимо помнить об этих отличиях, иначе может оказаться, что значения дозовых пределов будут использоваться в ситуациях, для которых они совершенно непригодны, а применяемые уровни вмешательства будут служить интересам пострадавшего от аварии населения далеко не лучшим образом.

Цели применения уровней вмешательства существенно отличаются от целей применения дозовых пределов. Пределы доз, рекомендованные МКРЗ [3], используются для обозначения суммарной дозы, получаемой от определенных источников излучения, которые не включают облучение радионуклидами, появившимися в окружающей среде в результате аварии. Уровни же вмешательства связаны исключительно с выбором направления действий или защитных мер и в данном контексте применимы лишь в ситуациях, возникающих после аварий. Выбор уровней вмешательства должен в принципе зависеть от обстоятельств, при которых произошла авария, хотя, вероятно, есть и возможность установить такие уровни, которые были бы достаточно обоснованными для применения в более широком спектре обстоятельств.

Особенно много неясностей существует в оценке роли дозовых пределов при выборе меры вмешательства в связи с введением ограничений на потребление пищевых продуктов на длительное время после аварии и в районах, значительно

удаленных от места выброса (например, ситуация в Западной Европе и других местах после чернобыльской аварии). Говорилось, что поскольку возможен контроль за дозами облучения, полученными при потреблении загрязненных пищевых продуктов (посредством ограничения их производства или потребления), то при таком облучении должна применяться вся система ограничения доз, включая использование пределов доз, рекомендованных МКРЗ. В этом, однако, отражается неправильное понимание смысла рекомендаций МКРЗ [3].

С точки зрения контроля доз облучения ситуация с пищевыми продуктами, загрязненными в результате радиационной аварии, похожа на ситуацию с некоторыми естественными источниками радиации, которые тоже исключены из того комплекса источников, к которым применяются дозовые пределы. В отличие от контролируемых источников радиации, к которым применяется система ограничения доз, радиационный ущерб от этих естественных источников не компенсируется чистой пользой, получаемой в результате соответствующих защитных мер. Вмешательство может лишь снять остроту проблемы и, в лучшем случае, свести к нулю чисто радиационный вред.

Поэтому при определении комплекса источников, которые должны охватываться какой-либо системой ограничения доз, необходимо учитывать возможность их контроля. С этой точки зрения имеется явное различие между существующей радиационной обстановкой (например, облучение от радионуклидов какого бы то ни было происхождения, уже выброшенных в окружающую среду), при которой любой контроль подразумевает вмешательство или воздействие на окружающую среду (либо непосредственное, либо на людей), и возможными радиологическими ситуациями (например, от выбросов ядерных установок), которые можно ограничивать и контролировать еще на стадии проектирования и планирования. Если радионуклиды уже попали в окружающую среду, то дозы облучения можно изменить лишь посредством корректирующих мер. В качестве ориентиров для принятия решений по введению таких мер МКРЗ рекомендует использовать определенные уровни вмешательства, характерные для рассматриваемой защитной меры [4]. Такие уровни вмешательства, однако, не должны определяться и не должны слишком зависеть от каких-либо существующих предельных значений, установленных для радиационных ситуаций в будущем, ни в особенности от первичных пределов доз, рекомендуемых МКРЗ для населения [3].

2.3.2. Дозы, которые следует учитывать при определении уровней вмешательства

В соответствии с основными принципами вмешательства, при решении вопроса о введении той или иной защитной меры следует учитывать только те пути поступления и дозы, на которые данная защитная мера может повлиять, то есть предотвращенные дозы. Учет доз, полученных до введения какой-либо из защитных мер, при оценке дозы с целью определения уровня вмешательства представляется как неверный подход и с практической, и с теоретической точек зрения. Для этой цели следует использовать величину предполагаемой дозы, предотвращенной этой защитной мерой.

2.3.3. Реализм в применении уровней вмешательства

В международной практике разработаны достаточно четкие нормативы по применению уровней вмешательства. Обычно, по этим критериям должны оцениваться представители группы, испытавшие на себе среднее воздействие защитной меры, а оценка дозы или какого-либо другого показателя, сравниваемого с уровнем вмешательства, должна быть максимально точной. При слишком осторожных подходах к выбору критической группы или к оценке дозы принимаемые меры неизбежно окажутся ниже оптимальных и будут противоречить принципам и целям вмешательства.

Принятие консервативного метода оценки дозы часто находит поддержку на основании того, что он якобы приносит пользу населению, пострадавшего от аварии с радиационными последствиями, так как защитные меры будут приняты при более низких уровнях доз, чем предполагалось, а это соответствует интересам этого населения. Такой взгляд, однако, основан на неправильных представлениях и совершенно не учитывает отрицательных последствий самой защитной меры, которые могут быть весьма существенными. Если исходить из уклада жизни, характерного для наиболее пострадавших представителей группы, то будет нарушено желательное равновесие между предотвращенной опасностью облучения и опасностями и расходами, возникающими после принятия защитной меры. В результате этого общие затраты и опасности, которым подвергнется пострадавшая от аварии группа населения, неизбежно будут нам-

ного выше, чем диктуется необходимостью. Если правильно оценен критерий для вмешательства, наиболее подходящий для данных обстоятельств, то последующее включение завышенных или заниженных оценок в каком-либо случае его применения может нанести лишь вред и будет противоречить принципам и целям вмешательства.

Однако, выбор среднего уклада жизни будет оправданным лишь в том случае, если степень опасности (связанной как с облучением, так и с защитной мерой) для всей группы населения, пострадавшей от аварии, будет не слишком велика. Поэтому при установлении уровней вмешательства для смешанных групп населения необходимо удостовериться, чтобы отклонения по степени опасности, которой подвергается вся пострадавшая от аварии группа населения, были не слишком велики. Если же эти отклонения велики, то следует рассмотреть вопрос об установлении специальных уровней вмешательства для определенных подгрупп населения и о дифференцированном введении защитных мер. Сложности, которые могут возникнуть в связи с таким избирательным введением защитных мер по отношению ко всему населению, нельзя недооценивать (например, избирательная эвакуация отдельных членов семьи), и иногда они могут быть столь значительны, что от такой программы действий придется отказаться.

3. Национальная политика в СССР в области защитных мер после Чернобыльской аварии

3.1. Введение

После аварии компетентными органами был принят ряд критериев радиационной безопасности для защиты населения в загрязненных районах. Базовые критерии вмешательства и связанные с ними уровни действий были разработаны для двух периодов: с 26 апреля 1986 года по 31 декабря 1989 года и с 1 января 1990 года по настоящее время. Эти критерии были подготовлены Национальной комиссией СССР по радиационной защите (НКРЗ) и одобрены Министерством здравоохранения СССР; к ним относятся временные пределы дозы, пределы дозы в течение всей жизни, пределы поверхностного загрязнения и производные уровни вмешательства [5–9].

Защитные меры применялись в тех случаях, когда прогнозируемые (расчетные) дозы за определенный период времени для населения районов, подвергшихся загрязнению, превышали уровень вмешательства для данной защитной меры. Нормальное проживание людей на территориях разрешалось только в том случае, если прогнозируемая доза была ниже уровня вмешательства. Меры защиты вводились по мере практической возможности, когда, согласно оценкам, прогнозируемая доза для критической группы превышала уровень вмешательства, пусть даже в далеком будущем.

3.2. Эвакуация и блокирование щитовидной железы

3.2.1. Критерии и их практическое применение

Ранние контрмеры, такие, как использование укрытий, прием таблеток стабильного йода и эвакуация, применялись сразу же после аварии. Уровни вмешательства по дозам, принятые для этих защитных мер, были ниже пороговых доз детерминистских последствий. Целью ранних защитных мер было снижение риска для здоровья (т. е. раковых заболеваний у облученных лиц и генетических эффектов у последующих поколений) населения в группах, которые потенциально подвергались наибольшему риску воздействия аварии. В 1983 году Министерство здравоохранения СССР одобрило "Критерии принятия решений по мерам защиты населения в случае аварии реактора". Уровни вмешательства, требующие эвакуации, выражались в прогнозируемых за первую неделю после аварии дозах и касались облучения всего организма и отдельных его органов. Эти уровни вмешательства представлены в табл. 1 [10].

На базе указанных выше уровней вмешательства по дозам были установлены производные

Таблица 1

Уровни вмешательства, требующие эвакуации и блокирования щитовидной железы

Контрольный орган	Уровень вмешательства (мГр)[a]	
	Эвауация	Блокирование щитовидной железы
Все тело человека	250–750	—
Щитовидная железа	300–2500	300—2500

[a] Прогнозируемую за первую неделю после аварии дозу следует сравнивать с уровнем вмешательства.

Таблица 2

Производные уровни вмешательства для принятия решения об эвакуации

Стратегия эвакуации	Производные уровни вмешательства (мГр/ч)[a]
Немедленная и обязательная эвакуация для всех	>1,0
Женщины и дети	0,1—1,0
Эвакуация не требуется	<0,1

[a] Мощность дозы гамма-излучения измерялась на расстоянии одного метра от поверхности земли.

уровни вмешательства, которые использовались в качестве основы при принятии решения об эвакуации. Производные уровни вмешательства выражались в единицах мощности дозы гамма-излучения от выпавшего на поверхность радиоактивного материала (см. табл. 2).

В производных уровнях вмешательства учитывались все возможные пути облучения (внешнее облучение от облака и выпавших радиоактивных материалов и облучение через органы дыхания), а также защитное влияние нахождения в помещениях. Применительно к внешним дозам на открытом воздухе использовались коэффициенты ослабления 0,46 и 0,24, которые соответственно учитывали время нахождения в городских и сельских помещениях. Если мощность дозы гамма-излучения в первый день принималась равной 1 мЗв/ч, то соответствующая недельная интегральная доза от выпавших радиоактивных материалов составляла около 50 и 100 мЗв для городского и сельского населения, соответственно. Дозы в городах ниже, чем в сельской местности, поскольку дома в городе дают большую защиту.

3.3. Дезактивация поверхностей

В мае–июне 1986 года были установлены значения производных уровней вмешательства (ПУВ) для дезактивации различных поверхностей [11,12], которые выражались в единицах мощности гамма-излучения. Эти значения следующие:

— одежда, постельное белье, обувь	0,1 мР/ч[1]
— наружные поверхности зданий	0,7 мР/ч
— внутренние поверхности зданий	0,3 мР/ч
— внутренние поверхности автомобилей	0,2 мР/ч
— наружные поверхности автомобилей	0,3 мР/ч
— поверхности дорог вне населенных территорий	1,5 мР/ч
— поверхности дорог населенных территорий	0,7 мР/ч

Если мощность дозы, измеренная на этих поверхностях, превышала ПУВ, то проводилась дезактивация этих поверхностей.

3.4. Ограничения на потребление пищевых продуктов

3.4.1. Уровни вмешательства

В табл. 3 приводятся уровни вмешательства, выраженные в предотвращенных дозах от пищевых продуктов [5]. Уровни вмешательства в период с 1986 по 1989 годы рассчитывались по временным пределам доз (табл. 5) с предположением, что соотношение доз внутреннего и внешнего облучения в 1986 году было 1:1, а в период с 1987 по 1989 гг. ежегодное соотношение было 1:2 [5].

[1] 1 рентген (Р) = $2{,}58 \times 10^{-4}$ Кл/кг.

Таблица 3

Дозовые уровни вмешательства для ограничения потребления пищевых продуктов [5]

Год	Уровень вмешательства (мЗв)[а]
1986	50
1987	10
1988	8
1989	8
1990	5

[а] Для сравнения с уровнем вмешательства необходимо использовать полувековую эффективную эквивалентную дозу от суммарного годового потребления пищевых продуктов.

3.4.2. Производные уровни вмешательства для пищевых продуктов

Данные по ПУВ для пищевых продуктов основывались на дозовых уровнях вмешательства, приведенных в табл. 3. В табл. 4 [5,13–16] приводятся принятые в СССР значения для цезия-134, цезия-137 и йода-131. В БССР приняты более низкие значения.

Ниже приводится грубо усредненный рацион питания, который использовался для расчета ПУВ:

— Дети: 0,7 л/д молока.
— Взрослые: 100 г/д свинины;
50 г/д говядины;
210 г/д овощей и фруктов;
500 г/д картофеля;
200 г/д изделий из зерна;
0,7 л/д молока.

До аварии уже существовал расчетный уровень вмешательства 3700 Бк/л для йода-131 в молоке. Это соответствовало полувековой эквивалентной дозе на щитовидную железу 300 мЗв. То же самое значение было принято и после аварии (в мае 1986 года) [13]. С помощью измерений контролировались пробы пищевых продуктов и, если активность превышала ПУВ, накладывалось ограничение на их потребление.

3.5. Переселение

Для переселения после аварии предлагались и принимались различные концепции и критерии. Эти критерии и концепции включали временные пределы доз, критерий поверхностного загрязнения и пределы дозы в течение всей жизни. Все они рассматриваются ниже.

Таблица 4

Принятые в СССР ПУВ (в Бк/кг[а]) для цезия-134 + цезия-137 и йода-131 в пищевых продуктах [5, 13–16]

Пищевые продукты	$^{134}Cs + ^{137}Cs$		^{131}I	
	1986–1987	1988–1989	1986	1990
Питьевая вода	370	18,5	3700	18,5
Молоко и молочные продукты	370–7400[б]	370	3700–74 000[б]	370
Мясо, рыба, яйца	1850–3700		740–37 000[в]	1850–2960
Картофель, корнеплоды	3700	740	—	592
Растительное масло и животный жир	7400	370	—	185
Детское питание	—	370	В 10 раз ниже указанных выше значений	185

[а] Вес сырого продукта.
[б] Диапазон указывает на то, что каждый пищевой продукт в данной категории имел свой ПУВ.
[в] ПУВ установлен только для рыбы.

Таблица 5
Предельно допустимые дозы (1986) и временные пределы доз, используемые при принятии решения о переселении

Календарный год	Предельно допустимая доза и временные пределы доз[a] (эффективная эквивалентная) (мЗв/г)
1986	100
1987	30
1988	25
1989	25

[a] Пределы доз распространяются на сумму всех источников облучения в результате аварии (для 1986 года это только внешняя радиация) и применительно к детям, родившимся в 1986 году.

Во второй половине 1990 года была организована межведомственная комиссия, состоящая из 60 человек, под руководством академика С.Т. Беляева для разработки "принципов и критериев в поддержку практических мер по устранению возможных отрицательных последствий чернобыльской аварии для здоровья населения и компенсации нанесенного ущерба". Работа этой комиссии еще не была закончена к моменту начала работы в рамках Международного проекта и, таким образом, в данном докладе не рассматривается.

3.5.1. Временные пределы доз

Министерство здравоохранения СССР на основании рекомендаций Национальной комиссии СССР по радиационной защите (НКРЗ СССР) и с одобрения Правительственной комиссии по ликвидации последствий аварии сразу же после аварии ввело в действие ранее подготовленный документ [10], устанавливающий предельно допустимую дозу (ПДД) 10 бэр (100 мЗв) для случайного облучения всего организма человека в первый год после аварии. Кроме того, в первый год после аварии была введена ПДД, равная 30 бэр (300 мЗв) применительно к облучению щитовидной железы. Все эти ПДД появились в результате постановки задач по повышению безопасности АЭС [10].

НКРЗ СССР в дальнейшем рекомендовала временные пределы годовых доз на период 1987–1989 гг. Эти пределы, одобренные Министерством здравоохранения СССР, приводятся в табл. 5 вместе с ПДД, которые использовались в 1986 году [6,7].

3.5.2. Предел дозы в течение всей жизни

В 1988 году НКРЗ СССР рекомендовала предел дозы в течение всей жизни 350 мЗв в качестве критерия для определения необходимости в дополнительном переселении после 1989 года. При этом для сравнения используется предел дозы для детей, родившихся в 1986 году, и учитывается сумма следующих двух составляющих: суммарной дозы, полученной с апреля 1986 года до конца 1989 года, принимая во внимание защитные меры, примененные в этот период, и прогнозируемой дозы за период с 1990 по 2056 год, при условии, что не будут применяться никакие защитные меры. НКРЗ СССР дает такое логическое обоснование предела дозы в течение всей жизни:

"Предел дозы в течение всей жизни не является результатом умножения (ранее принятого) годового предела дозы 5 мЗв, рекомендованного МКРЗ для штатных ситуаций, на продолжительность жизни, равную 70 годам. Логическое обоснование представленного предела исходит из доступной информации о случайной связи между дозой облучения и возможными последствиями для здоровья, особенно лейкемии. Был проведен анализ всей подобной информации, включая информацию об облученных в Хиросиме и Нагасаки, облучении работников атомной промышленности, терапевтов и медсестер, получающих профессиональное облучение, людей, которые наносят светящиеся цифры на часы, больных онкологическими заболеваниями, которые получили большую терапевтическую дозу, облучении населения атолла Бикини, населения близ Кыштыма и населения, проживающего близ реки Теча.

При анализе статистически достоверных данных по этим группам не было выявлено значительного влияния (онкогенного или генетического) суммарного облучения ниже 500 мЗв при высокой мощности дозы. При низких мощностях дозы минимальная доза может быть увеличена как минимум в два раза (НКДАР ООН 1972). Учитывая то, что дети также в два раза более чувствительны к воз-

действию облучения, минимальная доза, которая влечет за собой отрицательные последствия при низкой мощности дозы излучения с низкой линейной передачей энергии, составила бы не менее 500 мЗв. Тем не менее, учитывая возможные неопределенности в чувствительности к радиоактивному излучению, было предложено принять 350 мЗв в качестве дозы в течение всей жизни для уровня вмешательства".

Таким образом, логика состоит в том, что поддержание доз ниже предельных значений могло бы предотвратить вероятность какого-либо статистически обнаруживаемого увеличения наследственных заболеваний и заболеваемости раком у населения загрязненных территорий. Было заявлено, что дозовый предел в течение всей жизни 350 мЗв обеспечивает высокий уровень безопасности, т. к. при этом учитываются также все дозы, полученные в результате аварии, а не только те, которые в настоящее время могут быть предотвращены в результате переселения. Полученные в прошлом дозы были учтены с тем, чтобы убедить население и их политических представителей, которые очевидно были в шоке от полученной информации, что существует статистическая возможность отрицательных последствий для здоровья от облучения при низких уровнях доз. В республиках с районами радиоактивного загрязнения возникли значительные возражения против дозы в течение всей жизни и эта концепция никогда не была официально принята; с 1990 года вместо нее стали использовать критерий поверхностного загрязнения (см. ниже).

3.5.3. Критерий поверхностного загрязнения

Критерий поверхностного загрязнения использовался после аварии в отношении загрязненных районов, помимо прочего, для выплаты компенсаций и т. п. Зоны жесткого контроля — это территории с поверхностным радиоактивным загрязнением по цезию-137 выше 15 Ки/км^2 (555 кБк/м^2), а контролируемая зона — с уровнями загрязнения от 5 до 15 Ки/км^2 (185–555 кБк/м^2).

В апреле 1990 года Верховный Совет СССР принял Государственную союзно-республиканскую программу по ликвидации последствий чернобыльской аварии на 1990–1992 годы [9], в которой критерии отселения выражались через поверхностное загрязнение. Уровень поверхностного загрязнения 40 Ки/км^2 (1480 кБк/м^2) был принят в качестве критерия для обязательного отселения. Для беременных женщин и детей был принят уровень 15 Ки/км^2 (555 кБк/м^2). В БССР уровень 15 Ки/км^2 (555 кБк/м^2) был принят в качестве критерия обязательного отселения. Более детальное описание программы дается в Приложении 2 к данной Части.

4. Оценка защитных мер, предпринятых СССР

4.1. Введение

При оценке защитных мер, предпринятых Советским Союзом после аварии на Чернобыльской АЭС, в рамках Международного проекта основное внимание уделялось тем мерам, которые уже предприняты или планируется предпринять начиная с 1990 года. Это был основной вопрос в обращении СССР к МАГАТЭ. В рамках Проекта также оценивались меры, предпринятые до 1990 года, с тем чтобы иметь историческую перспективу. Известно, что прошлые действия часто ограничивают будущие возможности. Однако оценка защитных мер, проведенных до 1990 года, ограничивалась их сравнением с международной практикой.

Оценка защитных мер после 1990 года не ограничивается этим сравнением. Наиболее подробно рассматривались затраты на единицу предотвращенной дозы по каждой из защитных мер (а также диапазон альтернативных вариантов) и вопросы социального и политического характера. Кроме того, хотя основное внимание при оценке уделялось защитным мерам, предпринятым или планируемым в рамках общесоюзной программы, также рассматривались и отличия от этой программы в отдельных республиках.

Проведение оценки ограничивало отсутствие некоторых основных данных. В некоторых случаях предполагаемый подход необходимо было менять для того, чтобы учесть эти ограничения. В результате оценка не является такой всеобъемлющей и скрупулезной, как это первоначально планировалось, а выводы, к которым пришли, не являются такими весомыми и требуют более тщательного обоснования, чем это могло бы потребоваться в иных случаях.

Использование укрытий, прием таблеток стабильного йода, эвакуация и ограничение потребления пищевых продуктов являются основными кратковременными защитными мерами, которые применялись на ранних стадиях после аварии для защиты населения от прямого облучения, вызванного радиоактивным облаком, от облучения в результате поступления радиоактивных материалов из облака через органы дыхания человека и от радиоактивных материалов, выпавших на землю и поступавших в организм человека с пищевыми продуктами. Отселение, ограничение потребления пищевых продуктов и дезактивация являются основными долговременными мерами защиты населения от внешнего облучения, вызванного выпавшими радиоактивными материалами, от облучения ингаляционным путем из-за повторного взвешивания радиоактивных частиц и от попадания радиоактивности с загрязненными пищевыми продуктами. Далее приводится оценка каждой из этих основных защитных мер, принятых после аварии, за исключением использования укрытий.

4.2. Эвакуация

Выделенных в рамках данного Проекта средств было недостаточно для оценки практического использования таких защитных мер, как эвакуация и блокирование щитовидной железы. Исходя из этого, проводился лишь поверхностный анализ, который не позволяет сделать каких-то дальнейших выводов.

Необходимость эвакуации населения главным образом основывалась на том принципе, что следовало уравновесить положительные факторы (предотвращение дозы) и отрицательные факторы (затраты, нарушение уклада жизни и риск). Критерии, которые использовались в СССР для определения необходимости эвакуации населения во время аварии (т. е. в то время, когда происходил выброс радиоактивных материалов), приводятся в табл. 6 [2,4,17] в сравнении с действующей в настоящее время практикой МАГАТЭ.

Решение об эвакуации населения из 30-километровой зоны вокруг АЭС было принято исходя из серьезности аварии и на основе измерений мощности дозы внешнего гамма-излучения от облака и радиоактивных материалов, выпавших на поверхность земли. Если бы население не было эвакуировано, то люди получили бы дозы облучения, превышающие уровни вмешательства.

Решения об эвакуации населения соответствовали установленным критериям вмешательства, т. е. потенциальные предотвращенные дозы могли превысить уровень вмешательства, что

Таблица 6

Сравнение дозовых уровней вмешательства, определяющих необходимость эвакуации

Контрольный орган	СССР Поглощенная доза	МАГАТЭ Эквивалентная доза [2]
Все тело человека	250–750 мГр[а]	От десятков до нескольких сотен мЗв[б]
Отдельные органы	300–2500 мГр	—[в]

[а] Применительно к низкой мощности дозы излучения с низкой линейной передачей энергии поглощенные дозы, выраженные в мГр, приблизительно равны эквивалентным дозам, выраженным в мЗв.

[б] Раньше в международной практике [4, 17], при расчете на все тело человека предлагалось использовать диапазон 50–500 мЗв.

[в] Раньше в международной практике [4, 17] при расчете на отдельные органы человека предлагалось использовать диапазон 500–5000 мЗв.

таким образом оправдывало необходимость эвакуации.

Диапазон принятых в СССР уровней вмешательства по дозовым нагрузкам на весь организм достаточно хорошо согласуется с международной практикой, существовавшей на момент аварии. Нижняя граница этого диапазона несколько выше, чем принято в международной практике. Это расхождение увеличивается, если провести сравнение с практикой, существующей в настоящее время [2].

Уровни вмешательства в СССР по дозовым нагрузкам на отдельные органы в целом согласуются с принятой ранее международной практикой [4,17] — принятые в СССР уровни приблизительно в два раза ниже.

4.3. Блокирование щитовидной железы

Необходимость в приеме таблеток стабильного йода в качестве защитной меры от облучения через органы дыхания и пищеварительный тракт из-за наличия радиоактивного йода основывалась главным образом на том принципе, что необходимо уравновесить положительные факторы (предотвращение дозы) и отрицательные факторы (затраты и возможный риск от проводимой процедуры).

Таблица 7

Сравнение дозовых уровней вмешательства, требующих использования таблеток стабильного йода

Контрольный орган	СССР Поглощенная доза	МАГАТЭ Эквивалентная доза
Щитовидная железа	300-2500 мГр[б]	От десятков до нескольких сотен мЗв[а]

[а] Раньше в международной практике предлагалось использовать диапазон 50-500 мЗв [4, 17].

[б] При излучении с низкой линейной передачей энергии поглощенные дозы, выраженные в мГр, приблизительно равны эквивалентным дозам, выраженным в мЗв.

Эффективность программы использования таблеток стабильного йода зависит от количества принятого йодистого калия (обычно 100 мг для взрослых) и от времени, прошедшего с момента поступления в организм радиоактивного йода до момента приема таблеток йодистого калия. Если принять 100 мг таблеток стабильного йода через час после поступления в организм радиоактивного йода, то поглощение йода-131 организмом сократится на 90%, если это сделать через два часа, то на 84%, через три часа на 60%.

Критерии, которые применялись в СССР [10, 18] в отношении использования таблеток стабильного йода, приводятся в табл. 7 в сравнении с существующей в настоящее время практикой МАГАТЭ.

Диапазон уровней вмешательства, принятый в СССР, отличается как от принятой ранее, так и от существующей международной практики. Этот диапазон в пять раз выше принятого ранее и в настоящее время еще больше отличается от международной практики.

Программа использования таблеток стабильного йода, в рамках которой было распределено несколько миллионов таблеток йодистого калия (KI), могла бы несколько снизить дозы на щитовидную железу, полученные через дыхательные пути. Однако, есть основания полагать, что лишь небольшая часть (около 20%) розданных таблеток была использована (см. Часть Е).

Таблетки стабильного йода обычно принимают для снижения воздействия облучения от радиоактивного йода через дыхательные пути. Это также позволяет снизить облучение через пищевую цепочку, но обычно его можно избежать при своевременном введении ограничений на потребление пищевых продуктов. Очень высокие уровни доз на щитовидную железу в некоторых населенных пунктах позволяют судить о том, что не удалось предотвратить потребление пищевых продуктов, загрязненных радиоактивным йодом. Это могло произойти либо потому, что меры были предприняты недостаточно быстро, либо в связи с тем, что население не следовало рекомендациям. Такие недостатки возможны, если учесть беспрецедентный масштаб и длительность аварии. Не умаляя значения приема таблеток стабильного йода, не рекомендуется их использование как общего средства снижения дозовых нагрузок от облучения через пищеварительный тракт. Этого можно лучше добиться, избегая первоначального облучения.

Решение о приеме таблеток йодистого калия в качестве защитной меры по блокированию щитовидной железы зависело от тяжести аварии и от результатов измерений содержания йода в окружающей среде. Если эта мера не будет принята, дозы могут превысить уровни вмешательства, особенно во время эвакуации. Решение о приеме таблеток йодистого калия соответствовало установившейся практике вмешательства и потому было оправдано.

4.4. Ограничения на потребление пищевых продуктов

4.4.1. Критерии и заложенные в них принципы

4.4.1.1. Дозовый уровень вмешательства

В СССР основным критерием для введения ограничений на потребление пищевых продуктов после чернобыльской аварии является доза (дозовый уровень вмешательства). В табл. 8 дается сравнительный анализ значений, принятых в СССР, со значениями, принятыми в настоящее время в МАГАТЭ.

Следует заметить, что нельзя напрямую сравнивать уровни вмешательства СССР и МАГАТЭ в том виде, как они представлены в таблице. Это вызвано тем, что в СССР уровни вмешательства охватывают весь рацион питания, а принятые в МАГАТЭ уровни распространяются отдельно на каждую из шести основных категорий пищевых продуктов. Различия в подходе, будучи концептуально важными, на самом деле являются более

Таблица 8

Сравнение уровней вмешательства при ограничении потребления пищевых продуктов

Календарный год	Эффективная эквивалентная доза (мЗв)[а]	
	СССР[б]	МАГАТЭ[в] [2]
1986	50	От одного до нескольких десятков[в, г]
1987	10	
1988	8	
1989	8	
1990	5	

[а] Уровень вмешательства следует сравнивать с полувековой эквивалентной дозой, полученной с пищевыми продуктами за год.

[б] Уровень вмешательства следует сравнивать с дозой, полученной от всего набора пищевых продуктов.

[в] Уровень вмешательства сравнивается с дозой, полученной от каждой из шести приведенных ниже категорий пищевых продуктов: молочные продукты, различные виды мяса, овощи, зерно, фрукты, питьевая вода и напитки.

[г] Раньше в международной практике предлагалось использовать диапазон 5–50 мЗв [4, 17].

косметическими, чем реальными, если учесть то, как на практике применяются уровни вмешательства в СССР (см. ниже) и, в частности, в использовании различных производных уровней вмешательства для каждого пищевого продукта.

Выбор уровней вмешательства при ограничении на потребление пищевых продуктов предполагает уравновешивание различных факторов, таких, как риск ухудшения здоровья, стоимость неиспользованных загрязненных продуктов питания, возможности и затраты, связанные с завозом менее загрязненных продуктов, значимость данного пищевого продукта для сбалансированного рациона и т. п. Можно ожидать значительные различия в таких факторах для различных пищевых продуктов и, по крайней мере в принципе, это должно приводить к различиям в уровнях вмешательства. Подход МАГАТЭ состоит в том, чтобы установить уровни вмешательства в отдельности для каждого вида пищевых продуктов, а в СССР подход основан на установлении уровня вмешательства для всего рациона пищевых продуктов. С учетом этого различия уровни, принятые в СССР, совпадают с уровнями МАГАТЭ.

Следует отметить, что уровни, принятые в СССР в последние годы, очень близко совпадают с нижней границей диапазона значений, которые можно вывести из правил МАГАТЭ в отношении всего рациона питания. Уровни вмешательства в этом диапазоне, в целом, можно было бы считать оправданными и оптимальными, там где была возможность завоза пищевых продуктов по низким или умеренным ценам.

4.4.1.2. Производные уровни вмешательства

Целью режима контроля после аварии является принятие общей стратегии контрмер по ограничениям на потребление пищевых продук-

Таблица 9

Предельно допустимое содержание йода-131 в питьевой воде и продуктах питания согласно нормам, принятым 6 мая 1986 года [13][а, б, в]

Название	Допустимая концентрация (Бк/кг или Бк/л)	Предполагаемое суточное потребление
Питьевая вода	3 700	1 л
Молоко	3 700	1 л
Плавленный сыр	37 000	100 г
Сметана	18 500	200 г
Сыр	74 000	50 г
Масло	74 000	50 г
Рыба	37 000	100 г
Зеленные овощи	37 000	100 г

[а] Эти цифры основываются на допустимой общей дозе на щитовидную железу 300 мГр за месяц для взрослых без учета вклада в дозу других радиоизотопов.

[б] Допустимые уровни содержания йода-131 в продуктах питания, потребляемых в детских учреждениях, были в 10 раз меньше, чем приведенные выше величины.

[в] В тех случаях, когда уровни содержания йода-131 в продуктах питания были выше приведенных величин, эти продукты, по возможности, разбавлялись более чистыми или отправлялись на переработку.

Таблица 10

Временные допустимые уровни суммарной бета-активности в продуктах питания, питьевой воде и лекарственных травах, принятые 30 мая 1986 года [14]

Название	Допустимое[а] содержание (Бк/кг или Бк/л)
Питьевая воды	370
Молоко[б]	370
Сгущенное молоко	18 500
Сухое молоко, плавленный сыр, сметана	3 700
Сыр, масло, растительное масло, маргарин	7 400
Мясо и мясные продукты, птица, рыба	3 700
Яйца	1 850 каждое
Зеленные овощи, корнеплоды, картофель	3 700
Фрукты, ягоды, сок	3 700
Зерно и мучные продукты	370
Сахар	1 850
Грибы	18 500
Лекарственные растения	18 500

[а] Вес сырого продукта.

[б] По состоянию на 1 августа 1986 года; до этого величина составляла 3700 Бк/л.

тов и ведению сельскохозяйственных работ. На практике это предполагает определение производных уровней вмешательства (ПУВ) для конкретных категорий пищевых продуктов. Эти ПУВ, кроме всего прочего, учитывают типичные уровни загрязнения и рацион питания, использование, эффективность и затраты на применение агропромышленных технологий, которые могут быть использованы для изменения содержания радиоактивности в пищевых продуктах с целью снижения поступления с ними в организм радиоактивности, а также для оценки возможности завоза других пищевых продуктов, которые могли бы компенсировать образующийся в результате вмешательства дефицит. Разработка оптимальной стратегии — не простая задача, требующая тщательного и взвешенного анализа.

При ограничении потребления пищевых продуктов производные уровни вмешательства применялись в СССР для каждой конкретной категории пищевых продуктов. Были установлены предельные концентрации радиоактивности в каждом пищевом продукте, и, в случае их превышения, данный продукт исключался из рациона и либо уничтожался или перерабатывался таким образом, чтобы концентрация радиоактивности в нем снижалась до допустимого предела, либо использовался на корм скоту. Кроме того, контрмеры в сельском хозяйстве (такие, как вспашка естественных пастбищ, внесение в почву дополнительных удобрений и перевод животных на менее загрязненные пастбища) планируются и осуществляются таким образом, чтобы предполагаемые конечные концентрации радиоактивности в пищевых продуктах удовлетворяли необходимым критериям.

В первые несколько недель после аварии основным радионуклидом, определявшим радиоактивное облучение, был йод-131, который, попадая в организм, накапливался в щитовидной железе. Этот нуклид также характеризуется относительно высокой мобильностью в пищевой цепочке пастбище–корова–молоко, а также при непосредственном выпадении на растущие овощи. Временные нормы допустимого содержания радиоактивного йода (йода-131) в питьевой воде и в пищевых продуктах были приняты 6 мая 1986 года [13]. Эти значения представлены в табл. 9 вместе с ежедневными нормами потребления пищевых продуктов.

К концу первого месяца вклад в дозу от йода-131, содержащегося в продуктах питания, стал ниже по сравнению с вкладом других радионуклидов, и 30 мая 1986 года временные допустимые уровни активности в продуктах питания были пересмотрены с учетом бета-активности. Принятые уровни приводятся в табл. 10.

Спустя несколько месяцев [16] после аварии радиоактивные изотопы цезия (а именно: цезий-134 и цезий-137) стали вносить основной вклад в дозу, поступающую в организм при потреблении продуктов питания. Вновь были изменены производные уровни вмешательства (ПУВ) [16], которые стали выражаться в суммарной активности цезия-134 и цезия-137 в продуктах питания; эти значения приведены в табл. 11 [19, 20], где также даются значения уровней, которые содержатся в правилах Комиссии Европейских Сообществ, и уровней, рекомендованных Комиссией Codex Alimentarius ВОЗ/ФАО [20].

Однако уровни этих двух организаций были рассчитаны для разных целей и поэтому, строго говоря, не сравнимы. В информации, приводимой ниже, говорится о дискуссиях, которые

Историческая перспектива относительно уровней вмешательства для продуктов питания

Ввиду больших различий в уровнях загрязнения в ряде стран Европейского Сообщества (ЕС) (напр., максимальные выпадения в Италии 100 кБк/м^2, а в Португалии 0,1 кБк/м^2) вскоре после чернобыльской аварии Совету Министров и Комиссии Европейских Сообществ (КЕС) необходимо было срочно установить уровни вмешательства на продукты питания, чтобы избежать крупных конфликтов в торговле между государствами-членами ЕС. С 12 мая 1986 года был приостановлен до конца этого месяца ввоз в ЕС ряда сельскохозяйственных продуктов, производимых в странах Восточной Европы. В последующем были приняты максимально разрешенные общие уровни содержания цезия в ввозимых в ЕС продуктах питания в следующих величинах: 370 Бк/кг для молока и детского питания и 600 Бк/кг для остальных продуктов. Эти величины действуют до настоящего времени; теперь еще около 15 стран, не являющихся странами-членами ЕС, приняли эти уровни загрязнения. Государства-члены были свободны в установлении своих собственных уровней для местных продуктов, предназначенных для внутреннего потребления; если какие-либо из этих пределов превышали упомянутые выше величины ЕС, то это ограничение вступало в силу также и в отношении импорта продуктов из стран-членов ЕС; вместе с тем, в любом случае пределы на ввоз продуктов не должны быть ниже установленных ЕС величин. В то же самое время, когда были установлены предварительные величины уровней вмешательства для радионуклидов цезия, было направлено обращение к группе экспертов по Статье 31 провести тщательное изучение вопроса, касающегося уровней вмешательства по продуктам питания. В ответе группы содержалось предложение принять обобщенные уровни вмешательства по всем потенциально опасным радионуклидам, которые рекомендовалось применять в случае возможной аварии в будущем. Предлагалось установить следующие производные уровни вмешательства для изотопов цезия: по молоку и молочным продуктам — 4000 Бк/кг, по всем другим продуктам питания — 5000 Бк/кг и для питьевой воды — 800 Бк/кг. Эти уровни предназначались для повседневной жизни; они базируются на полувековой дозе 5 мЗв/г. Было признано, что величины можно было обосновать, исходя из контрольного уровня дозы, которая превышает упомянутую выше в 10 раз. Они применяются к сумме всех радионуклидов, исключая йод, стронций и изотопы альфа-излучателей, в основном к цезию-134 и цезию-137. Группа исходит из того, что среднее годовое загрязнение продуктов питания в год после аварии не превышает 10% от уровней концентрации, по которым будет установлен контроль. 22 декабря 1987 г. Совет принял постановление об установлении величины 1000 Бк/кг для молочных продуктов и 1250 Бк/кг для всех других продуктов питания (за исключением небольшого числа продуктов). Основные различия между рекомендацией группы по Статье 31 и постановлением Совета заключаются в следующем:

(а) используется выражение "максимально разрешенные уровни радиоактивного загрязнения продуктов питания", а не "производные уровни вмешательства";
(б) снижены в 4 раза производные уровни вмешательства для молока и других продуктов с учетом того обстоятельства, что многие страны, не являющиеся членами ЕС, применяют уровни, равные или близкие к результирующим производным уровням; другая причина для такого снижения заключалась в том, что было необходимо сохранить доверие населения в предложенную систему мер. Это снижение эквивалентно предположению, что среднее годовое загрязнение продуктов питания не будет превышать 40% от уровней загрязнения, на которых основываются нормы контроля. Позже были выведены уровни для жидких пищевых продуктов и детского питания, в частности для детского питания был установлен уровень в 400 Бк/кг для этих радионуклидов.

Ниже обсуждаются подробно величины из руководства Комиссии Codex Alimentarius ФАО/ВОЗ, которые были одобрены этой Комиссией на совещании в Женеве в июле 1989 г. Эти величины были разработаны с целью облегчить их применение в международной торговле; они означают, что в случае превышения рекомендуемых уровней правительства должны сами решать, нужно ли и при каких обстоятельствах следует продавать продукты питания на территории их стран или на территориях, находящихся под их юрисдикцией. Главным критерием при выборе этих величин было то, что они должны быть простыми, легкоприменимыми и универсальными; эти уровни могут применяться в случае любых аварий, при которых присутствуют какие-либо радионуклиды, и в любой период времени. Эти величины не были оптимизированы и могут рассматриваться как "ниже значений, вызывающие озабоченность регулирующих органов". Можно считать, что уровни выше указанных величин совсем не означают ущерб для здоровья. Они означают просто уровни принятия действий, при которых можно провести более детальную оценку доз. Были сделаны консервативные оценки по снижению риска потенциального отрицательного воздействия на здоровье на незначительную величину в сравнении с другими рисками. Этот уровень составляет 1000 Бк/кг для цезия-134 и цезия-137. Необходимо признать, что у ЕС и Codex, с одной стороны, и у Советского Союза, с другой стороны, были разные источники и цели установления таких уровней, и это главным образом исключает возможность проведения сравнения их величин.

Таблица 11

Производные уровни вмешательства (в Бк/кг) для цезия-134 + цезия-137 для различных продуктов питания, принятые в СССР, КЕС и Комиссии Codex Alimentarius

	СССР [5, 14–16]		КЕС [19][а, б]	Codex [20][в]
	1988–1989	1990		
Питьевая вода	18,5	18,5	1000	1000
Молоко, молочные продукты	370	370	1000	1000
Мясо, рыба, яйца	1850–2960	740	1250	1000
Картофель, корнеплоды	740	592	1250	1000
Растительное масло, животные жиры	370	185	1250	1000
Детское питание	370	185	400[г]	1000

[а] Уровни для концентрированных и сушеных продуктов должны рассчитываться в пересчете на переработанную продукцию, готовую к употреблению.

[б] Уровни применимы ко всем радионуклидам, кроме изотопов стронция, йода и плутония; предполагается, что в данном случае они применяются только в отношении цезия-134 + цезия-137, так как это были единственные изотопы, имевшие практическую значимость в случае чернобыльской аварии.

[в] Уровни можно считать "уровнями ниже нормативов".

[г] Согласно определению КЕС, к этой категории относятся продукты питания, предназначенные для детей в возрасте до 6 месяцев, отвечающие требованиям, предъявляемым к продуктам питания этой возрастной категории и поступающие в торговлю в специальной упаковке с маркировкой "детское питание для новорожденных".

Таблица 12

Производные уровни вмешательства (в Бк/кг) для продуктов питания, принятые различными советскими компетентными органами

Название	СССР [14][а]	СССР [16][б]	БССР [21][в]	Гомель [21][г]
Питьевая вода	370	19	19	19
Молоко	370	370	185	185
Молочные продукты	3 700–18 500	370–1850	37–740	37–740
Мясные/молочные продукты	3 700	1850–2960	590	370
Рыба	3 700	1850	590	590
Овощи	3 700	740	185–590	185–590
Зерно/хлеб	370	370	370	370
Сахар	1 850	370	370	370
Грибы	18 500	—	370	370

[а] Промежуточные предельно допустимые уровни суммарной β-активности для продуктов питания, принятые в СССР 30 мая 1986 года.

[б] Промежуточные предельно допустимые уровни суммарной активности цезия-134 и цезия-137 для продуктов питания, принятые в СССР 10 июня 1988 года.

[в] Уровни суммарной активности цезия-134 и цезия-137 в продуктах питания, принятые в Белоруссии на 1990 год.

[г] Уровни суммарной активности цезия-134 и цезия-137 в продуктах питания, принятые в Гомельской области с 1988 года.

Таблица 13

Дозы, соответствующие ПУВ, рекомендованные различными компетентными органами СССР. *Эквивалент полувековой эффективной дозы, полученной в результате годового потребления продуктов питания, степень загрязнения которых определяется соответствующими ПУВ (мЗв)*[a]

Название	Потребление (г/д)	СССР 1988 (мЗв)	БССР 1990 (мЗв)	Гомель 1988 (мЗв)
Свинина	100	0,9	0,3	0,2
Говядина	50	0,8	0,2	0,1
Фрукты/оводи	210	0,8	0,6	0,6
Картофель	500	1,9	1,5	1,5
Крупы	200	0,4	0,4	0,4
Молоко	0,7 л/д	1,3	0,7	0,7
Всего		6,1	4,4	2,7

[a] Предполагаемая доза на единицу поступления = $1,4 \times 10^{-8}$ Зв/Бк. Дозы, рассчитанные на основании уровней, принятых в СССР 30 мая 1986 года, не приводятся, так как при расчете этих уровней учитывалась *суммарная* β-активность, а не только радиоактивный цезий. Предполагается, что степень загрязнения продуктов питания определяется соответствующими ПУВ.

Таблица 14

Изменения "оптимального" уровня вмешательства для концентрации цезия-134 + цезия-137 в продуктах питания (Бк/кг)[a]

Затраты на чел.-Зв	Стоимость продукта питания (руб./кг)				
	0,1	0,3	1	3	10
3 000	2400	7100	24 000	71 000	240 000
10 000	710	2100	7 100	21 000	71 000
30 000	240	710	2 400	7 100	24 000
100 000	70	210	710	2 100	7 100

[a] Является "оптимальным" только в случае, если денежные затраты на проведение данного защитного мероприятия и достигнутое снижение риска являются единственными или единственно важными факторами.

велись по этому вопросу, а также приводятся установленные 30 мая 1986 года уровни для продуктов питания, импортируемых в Европейское Экономическое Сообщество, и уровни, рекомендованные Группой экспертов по Статье 31 [19]. Из этой информации следует, что расчет некоторых уровней зависел от политических факторов того периода времени.

В СССР ПУВ были рассчитаны на основании количества радионуклидов, поступивших в организм человека с продуктами питания, которые приводятся в разделе 3.4.2, и на основании предположения, что уровень загрязнения каждого потребленного продукта питания соответствовал уровню вмешательства. За республиками и менее крупными административными единицами оставлено право устанавливать более жесткие ограничения. Некоторые из них приводятся в табл. 12 [21].

В табл. 13 указаны дозы, которые могут быть получены в результате потребления продуктов питания, приведенным в разделе 4.3.2, когда все

продукты питания имеют указанные выше уровни загрязнения.

ПУВ, принятые в настоящее время в СССР для многих важных продуктов-источников поступления радиоактивности в организм, в 2–3 раза ниже, чем соответствующие ПУВ, принятые КЕС на случай возможной будущей аварии, и несколько ниже, чем уровни, определенные Комиссией Codex Alimentarius для международной торговли продуктами питания (табл. 11). Уровни, принятые в Белоруссии для основных продуктов питания, еще ниже. Советской стороне следует провести оценку того, что принимаемые меры могут быть "слишком" эффективны, т. к. в большинстве случаев устанавливаются дозы ниже 2 мЗв/г, что в 3–4 раза ниже тех доз, которые приняты в официальной практике (табл. 8).

Недостаточный объем данных, предоставленных участникам Проекта, не позволил провести оценку затрат на единицу предотвращенной дозы при введении ограничений на потребление продуктов питания. Например, не было предоставлено данных о количестве продуктов, запрещенных к потреблению, о характере их загрязнения, затратах на их уничтожение, переработку и/или поставку менее загрязненных продуктов. Однако, судя по имеющейся литературе, данным вопросам в СССР не уделялось особого внимания. Целесообразно в будущем провести более глубокий анализ, поскольку эта область важна для принятия решений об оптимальном распределении ресурсов с целью уменьшения дозы.

Следует признать наличие двух других факторов, которые говорят в пользу *повышения* уровней вмешательства, принятых в СССР. В настоящее время существует дефицит продуктов питания, и принятие таких низких уровней вмешательства может привести некоторых руководителей к заключению о том, что дальнейшее проживание в данных районах нецелесообразно, так как сельскохозяйственные работники не могут производить сельскохозяйственную продукцию. Принятие таких низких уровней может привести к ненужному разрушению традиционных крестьянских общин, которые во многом определяют уровень жизни в загрязненных районах. Принятие в этих районах неоправданно низких уровней содержания радионуклидов в продуктах питания только увеличит и без того высокий уровень стресса у населения.

В настоящее время в СССР принимаются более жесткие ограничения по продуктам питания, чем где бы то ни было; отличаются и методы расчета уровней. Например, в Норвегии, где в результате взаимодействия многих факторов (таких, как сильные дожди во время прохождения чернобыльского облака, высокая концентрация цезия в грибах и лишайниках, которые являются основным кормом овец и северных оленей) в некоторых случаях содержание цезия в мясе оленей, овец, содержащихся на открытых пастбищах, дичи, а также в рыбе, превышало временные уровни, установленные правительством Норвегии [17] (370 Бк/кг для молока и детского питания и 600 Бк/кг для мяса). Осуществление защитных мер, обеспечивающих уровень активности ниже этих норм, тяжело сказалось на социальном и психологическом климате в определенных этнических группах (народность саами), которое выразилось в нарушении нормальных условий труда и жизни. В ноябре 1986 года значение временного уровня содержания радиоактивности было увеличено до 6000 Бк/кг; этот уровень сочли оптимальным и сбалансированным с точки зрения контроля за получаемыми дозами, сохранения уклада жизни населения пострадавших районов и, в то же время, поддержания доверия к данной системе контроля. Аналогичным образом в июле 1987 года были подняты до 6000 Бк/кг уровни для пресноводной рыбы и дичи. Ретроспективный анализ затрат на единицу предотвращенной дозы, которые повлекли за собой эти решения, показал, что они весьма целесообразны [22] в данной ситуации.

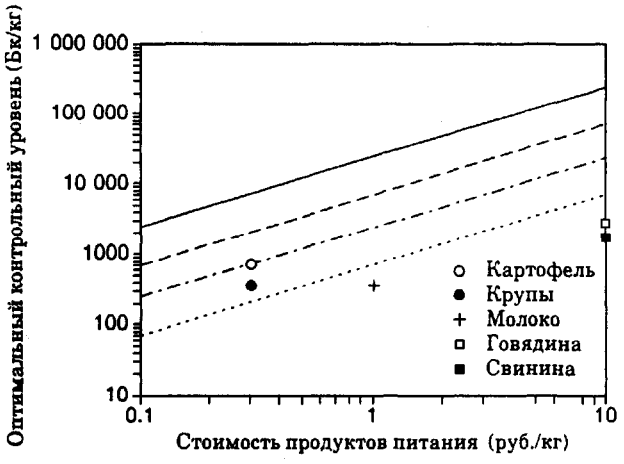


Рис. 1. Зависимость оптимальных производных уровней вмешательства для загрязнения цезием-137/цезием-134 от стоимости продуктов питания в СССР для нескольких уровней затрат на чел.-Зв, α. ПУВ являются "оптимальными" только тогда, когда денежное выражение стоимости защитной меры и достигнутое снижение риска являются единственными или единственно важным факторами. Данные о стоимости продуктов питания в СССР взяты из [24]. (——— 3000 руб./чел.-Зв; ——— 10 000 руб./чел.-Зв; —.—.—. 30 000 руб./чел.-Зв; · · · 100 000 руб./чел.-Зв)

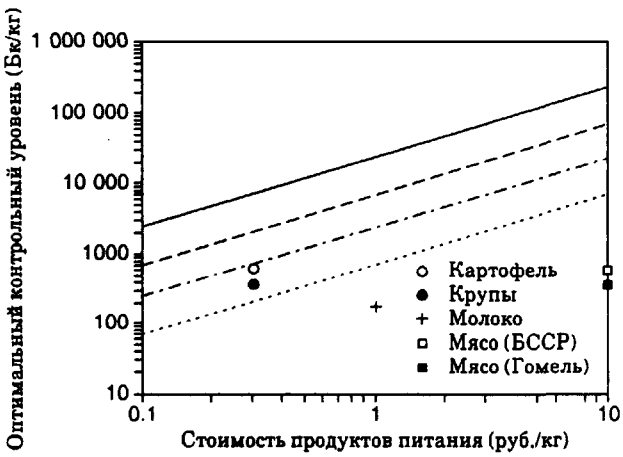


Рис. 2. Зависимость оптимальных производных уровней вмешательства для загрязнения цезием-137/цезием-134 от стоимости продуктов питания в БССР для нескольких уровней затрат на чел.-Зв, α (подробности см. рис. 1). (——— 3000 руб./чел.-Зв; ——— 10 000 руб./чел.-Зв; —.—.—. 30 000 руб./чел.-Зв; ··· 100 000 руб./чел.-Зв)

Можно привести другие примеры того, как применяемая стратегия контроля за продуктами питания учитывала местные условия. Однако, отсутствие данных о затратах на единицу предотвращенной дозы не позволяет сделать точные заключения о том, чем в СССР определяется оптимальная стратегия защитных мер в отношении продуктов питания.

4.4.2. Оптимизация ограничений в отношении потребления продуктов питания

Можно сделать ориентировочные оценки оптимальных уровней ограничений для тех случаев, когда основными критериями являются денежные затраты в связи с введением ограничения и достигнутое уменьшение полученной дозы, исходя из того, что загрязненные продукты питания полностью заменяются. Из этого следует, что оптимальный уровень A_{opt}, выраженный через концентрацию данного радионуклида в данном продукте питания, можно представить как [2]:

$$A_{opt} = b/(\alpha\ H_E), \qquad (1)$$

где b — затраты на единицу массы данного продукта питания (руб/кг);

α — затраты на единицу коллективной дозы (руб./чел.-зиверт);

H_E — полувековая эффективная доза на единицу поглощенной активности данного нуклида (Зв/Бк), которая, согласно Публикации № 30 МКРЗ [23], для цезия-137 и цезия-134 составляет $1{,}4 \times 10^{-8}$ Зв/Бк.

Для цезия-134 и цезия-137, содержащихся в продуктах питания, оптимальная концентрация, при которой надо применять ограничения, приводится ниже в табл. 14 и на рис. 1 [24] как функция цены на продукт питания и затрат на единицу коллективной дозы.

Таблица 15

Предполагаемые затраты на единицу коллективной дозы после утверждения ПУВ

Продукты	Оценочная стоимость продукта (руб./кг)	Предполагаемые затраты на единицу коллективной дозы (млн.руб./чел.-Зв)		
		Гомель 1988	СССР 1988	БССР 1990
Свинина	10	2	0,39	1,2
Говядина	10	2	0,24	1,2
Картофель	0,3	0,036	0,029	0,036
Крупы	0,3	0,058	0,058	0,058
Молоко	1	0,39	0,19	0,39

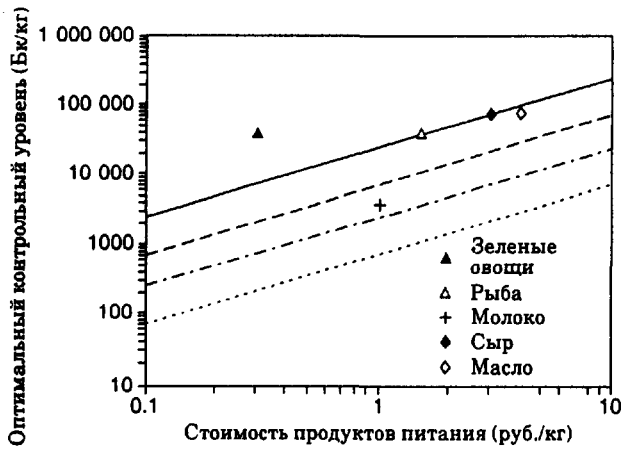


Рис. 3. Зависимость оптимальных производных уровней вмешательства для загрязнения йодом-131 от стоимости продуктов питания в СССР для нескольких уровней затрат на чел.-Зв, α, (подробности на рис. 1). (——— 3000 руб./чел.-Зв; ——— 10 000 руб./чел.-Зв; —.—.—. 30 000 руб./чел.-Зв; ··· 100 000 руб./чел.-Зв)

На рис. 2 приводится аналогичная информация для ПУВ, установленных в Белоруссии и Гомельской области. Совершенно очевидно, что уровни для молока и мяса еще менее "оптимальны" и обоснованы, чем нормы, установленные в СССР.

Аналогичным образом можно сделать расчет предполагаемых значений затрат на человеко-зиверт, исходя из установленных ПУВ и стоимости замены продуктов питания. Предполагаемые значения затрат на человеко-зиверт приводятся в табл. 15 и рассчитаны по уравнению (1) как:

$$\alpha = b/(\text{ПУВ } H_E).$$

Так как диапазон затрат на человеко-зиверт составляет от 3000 до 100 000 рублей, что в пересчете на другие валюты превышает большинство объемов затрат на обеспечение мер радиационной защиты, осуществленных или предложенных к осуществлению (см. табл. 27, раздел 4.5.4), сравнивая величину в 3000–100 000 руб./чел.-Зв с величиной в 190 000–200 000 руб./чел.-Зв (табл. 15), становится ясно, что для молока и мяса уровни ограничений вновь представляются, в общем, неоправданными и особенно в Белоруссии и Гомеле в условиях отсутствия дополнительных неограниченных источников продуктов питания по ценам, гораздо более низким, чем цены, приведенные в табл. 15. Конечно, эти заключения справедливы только при условии, что денежные затраты и снижение риска являются единственными существенными факторами, определяющими "оптимальный" уровень вмешательства. Однако, часто необходимо принимать во внимание другие факторы, имеющие социально-политический характер.

На рис. 3 приводится аналогичная информация относительно зависимости "оптимальных" уровней вмешательства для йода-131 от затрат на обеспечение альтернативных поставок продуктов. Для сравнения также приводятся уровни вмешательства, действовавшие в СССР в мае 1986 года.

В отличие от уровней вмешательства для радиоактивного цезия, уровни вмешательства для радиоактивного йода представляются близкими к верхней границе обоснованности. Это особенно справедливо в случае зеленных овощей, если цены на альтернативные поставки не были бы столь высоки, а затраты на человеко-зиверт — столь низки. В табл. 16 приводятся предполагаемые затраты на единицу предотвращенной дозы.

Очевидно, что расчетные затраты на единицу коллективной дозы при осуществлении текущих контрмер для снижения поступления в организм цезия с пищевыми продуктами не соответствуют затратам по радиоактивному йоду, установленным сразу после аварии. Возможно, это было вызвано серьезными причинами, например, стоимость альтернативных поставок продуктов питания могла быть гораздо более высокой в первый месяц после аварии чем сейчас, хотя, с учетом существующего сейчас дефицита продуктов питания, это представляется маловероятным. Кро-

Таблица 16

Предполагаемые затраты на единицу коллективной дозы после утверждения ПУВ для продуктов питания, загрязненных радиоактивным йодом-131

Продукт питания	Цена[a] (руб./кг)	Затраты на единицу коллективной дозы (руб./чел.-Зв)
Зеленные овощи	0,3	580
Молоко	1,0	20 000
Рыба	1,5	2 900
Сыр	3,0	2 900
Масло	4,0	3 900

[a] Цены на продукты питания в СССР даются согласно [24].

ме того, нерационально применение менее жестких ограничительных мер для решения задач краткосрочного характера, в то время как для решения долгосрочных проблем применяются контрмеры, основанные на пессимистических (осторожных) предположениях. Принимая во внимание, что радиоактивный цезий будет находиться в окружающей среде в течение очень длительного времени, затраты на осуществление очень жестких защитных мер в течение длительного периода времени могут оказаться чрезмерными и, возможно, будут осуществлены в ущерб возможности улучшить состояние здоровья населения в других районах за счет тех же денежных затрат. Если бы в процессе оптимизации особое значение придавалось факторам социально-политического характера, можно было бы ожидать, что многие из этих очевидных несоответствий, которые являются результатом неполного анализа денежных затрат на снижение получаемых доз, были бы разрешены.

Кроме того, подход, который учитывает только материальные затраты и пользу, является слишком упрощенным и не учитывает преимущества применения агротехнических методов для снижения доз, затраты на которые ниже, чем затраты на введение ограничений на продукты питания. Использование этих методов может привести к оправданному снижению уровней вмешательства (см. рамочный текст). Однако, отсутствие более подробных данных о затратах на проведение этих защитных мер не позволяет более подробно прокомментировать уровни вмешательства. Более строгая оценка затрат на контрмеры по продуктам питания и эффективности этих мер заслуживает, однако, более внимательного рассмотрения в интересах выработки сбалансированного и экономически обоснованного подхода к этой проблеме.

4.4.3. Другие факторы

Контрмеры по снижению доз, поступающих в организм с загрязненными продуктами питания, включают в себя ряд сельскохозяйственных и промышленных методов в качестве дополнительных мер или вместо изъятия или потери продуктов питания, в которых содержание радиоактивности превышает контрольные уровни. Контрмеры по производству и переработке сельскохозяйственной продукции, которые в настоящее время широко используются в загрязненных районах, более подробно описаны в Части В. Как было отмечено выше, упрощенные аргументы привели к появлению уравнения (1), которое позволяет определять "оптимальные" уровни для введения ограничений, но не позволяет определить затраты на единицу предотвращенной дозы по каждой из этих разных контрмер. Можно высказать дополнительные аргументы, включающие как обоснование, так и их оптимизацию (см. раздел 4.4.3.1). Однако, не имея подробной информации о затратах на сельскохозяйственные/промышленные методы и их эффективности в снижении уровней содержания цезия в продуктах питания, невозможно сделать количественную оценку данной проблемы. Тем не менее, можно сделать некоторые качественные заключения.

Возможно, будет вполне оправданным проведение агропромышленных контрмер при уровнях, ниже рассчитанных при помощи уравнения (1). Очевидно, что если затраты на осуществление контрмеры очень невелики, но эта контрмера существенно снижает даже эти низкие дозы, то ее осуществление вполне возможно и оправдано. С другой стороны, если затраты, связанные с применением какого-то метода, выше или равны затратам на основе рыночных цен на продукты питания, применение данного метода ни в каком случае не может быть оправданным с экономической точки зрения (хотя нельзя исключать существование социально-экономических причин для осуществления данной меры). Оценивая затраты на единицу предотвращенной дозы при использовании данных методов, следует принимать во внимание, что средства на осуществление некоторых из описанных в Части В мероприятий расходуются только один раз — при осуществлении мероприятия (например, при удалении поверхностного слоя почвы, глубокой вспашке) и могут затем списываться в течение времени ожидаемого действия данной меры и времени предотвращения общей дозы (т. е. в течение многих лет). Что касается других методов (например, перегон скота на незагрязненные пастбища перед убоем, использование незагрязненных кормов), затраты на их использование будут расти в будущем.

В то время, как эти факторы могут приводить к снижению уровней вмешательства, существует по крайней мере два фактора, которые будут приводить к их повышению. Во-первых, в СССР в настоящее время существуют серьезные проблемы в снабжении необходимыми продуктами питания. На многие продукты питания введена карточная система распределения, во многих районах существует их дефицит. Очевидно, затраты на альтернативное обеспечение продуктами питания высоки, несмотря на твердые цены. Кроме того, установление очень низких уровней вмешательства может вызвать серьезные отрицательные социальные явления, так как может



Рис. 4. Оптимизация контрмер в сельском хозяйстве

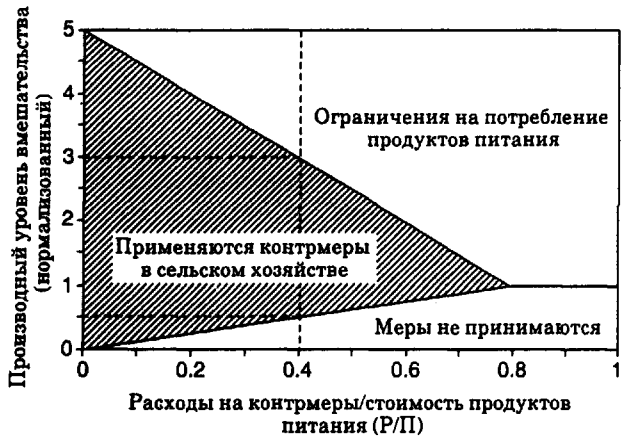


Рис. 5. Изменение оптимальных контрольных уровней в зависимости от расходов на контрмеры (f = 5)

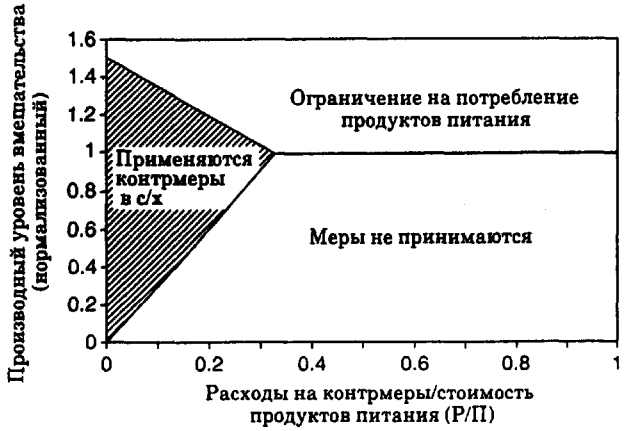


Рис. 6. Изменение оптимальных контрольных уровней в зависимости от расходов на контрмеры (f = 1,5)

привести к изменениям в образе жизни некоторых людей, в частности может создаться впечатление, что дальнейшее проживание в этих районах невозможно, так как в них нельзя производить и потреблять сельскохозяйственную продукцию.

4.4.3.1. Анализ "затраты-польза" для оценки контрмер в агропромышленном секторе при производстве продуктов питания

При рассмотрении стратегии контрмер, включая агропромышленные мероприятия (такие, как обработка продуктов питания, внесение химикатов в почву, вспашка и т. д.), одним из методов, который можно использовать, является оценка соотношения "затраты-польза". В принципе этот метод включает идентификацию возможных подходов: выбор определенного метода установления общих затрат для каждого из подходов с учетом возможного радиологического ущерба, финансовых и других затрат, а затем идентификацию подхода, при котором можно получить максимальную "пользу". Когда может быть предпринят ряд независимых контрмер, возникает сложная ситуация. Однако, для иллюстрации представлено простое уравнение в основном тексте для случая, когда одна мера агропромышленного характера более целеообразна, чем простые ограничения в рационе питания.

В таком случае следует учитывать три варианта: (1) отсутствие мер, для которых затраты могут быть выражены как:

$$C\alpha H,$$

где

C — загрязнение продуктов питания (Бк/кг);
α — стоимость единицы коллективной дозы (руб/чел.-Зв);
H — доза на единицу поступления (Зв/Бк);

(2) — ограничение потребления продуктов питания, когда затраты могут быть рассчитаны с учетом обеспечения другими продуктами питания (руб/кг);

и (3) — при использовании агропромышленных контрмер, когда общая сумма затрат может быть выражена как:

$$P + C\ \alpha\ H/f,$$

где:

P — стоимость контрмеры на единицу массы конечного продукта (руб/кг);

f — эффективность контрмеры (отношение дозы без применения контрмеры к дозе в случае применения этой меры).

Можно продемонстрировать, что агропромышленная контрмера оправдана, если $f(B - P) > B$, напр.:

$$\frac{P}{B} < \frac{f - 1}{f}.$$

Если выполняется это условие, то можно показать, что контрмеру можно использовать при уровнях загрязнения

$$\frac{P}{\alpha H} \frac{f}{(f - 1)} \text{ и } \frac{f}{\alpha H} (B - P).$$

Эти результаты проиллюстрированы на рис. 4–6. На рис. 4 показана точка "нулевого баланса" для контрмеры в виде функции ее эффективности. Таким образом, для эффективности, равной 5, контрмера оправдана, если ее стоимость на кг меньше, чем 0,8 от стоимости продукта питания. На рис. 5 показана зависимость оптимальных контрольных уровней от стоимости контрмеры (для f = 5). Таким образом, если бы стоимость меры на кг составила 0,4 от стоимости конечного продукта питания, то контрольный уровень для введения этой контрмеры составил бы 0,5 от показателя $B/\alpha H$. Контрмеру следует применять для продуктов питания, загрязненных до уровня, в 3 раза превышающего показатель $B/\alpha H$, выше которого следует ввести ограничения на продукты питания и просто заменить их другими продуктами. На рис. 6 представлена такая же ситуация для f = 1,5. В обоих случаях можно увидеть, что производный уровень вмешательства может оказаться ниже простого показателя $B/\alpha H$, если стоимость контрмеры относительно низкая.

4.4.4. Практическое применение

Представляется трудным или вообще невозможным продолжать комментировать эффективность или неэффективность методов, которые в настоящее время применяются для снижения уровней содержания цезия в продуктах питания, так как не имеется подробной информации о затратах. Однако, совместная деятельность ФАО/МАГАТЭ по сбору информации (см. Часть А) включала рассмотрение вопроса о том, существуют ли принятые в практике методы, которые до сих пор не были, но в дальнейшем могли бы быть использованы в СССР. Ниже приводится несколько выводов, сделанных в ходе этой деятельности.

Во-первых, в СССР разработана серьезная стратегия контроля за содержанием радиоактивности в продуктах питания, которая включает много различных мер; эти меры более подробно описаны в Части В. Однако, хотя эти меры, без сомнения, привели к существенному снижению уровней содержания цезия во многих продуктах питания до уровней ниже действующих в настоящее время критериев, пока еще не был применен один метод, который успешно применяется в Скандинавии. Это — назначение "связывающих цезий препаратов" животным пастбищного содержания. Этот метод подробно описан в Части Б. И опять же, при отсутствии подробной информации о стоимости трудно дать обоснованный совет. Однако, в настоящее время для производства в наиболее загрязненных районах молочных и мясных продуктов с уровнями загрязнения ниже уровней вмешательства следует перерабатывать молоко в масло, а животным давать "чистые корма" за 1,5–2 месяца до их забоя или переводить на незагрязненные пастбища. Это связано с существенными экономическими затратами и, более того, с социальными проблемами для сельскохозяйственных рабочих из-за нарушения традиционных методов их работы, что нельзя недооценивать (сельскохозяйственные рабочие издавна занимаются производством молока и мяса, чтобы обеспечить продуктами себя и свои семьи).

Опыт скандинавских стран (при выпасе оленей на пастбищах с относительно высокими уровнями загрязнения лишайников) показал, что использование связывающих цезий препаратов может способствовать снижению содержания цезия в молоке и мясе, при этом отсутствует необходимость в переработке молока или в специальных кормах для скота, что сулит значительную экономию ресурсов и, кроме того, минимально нарушаются традиционные методы сельскохозяйственных работ. МАГАТЭ оказывало и продолжает оказывать помощь правительствам трех республик в изучении этих методов и возможного их применения в будущем (см. Часть А).

Второй мерой, которую трудно назвать агропромышленной, но которая может способствовать существенному снижению дозы, является обычное и достоверное разъяснение населению правил составления рациона питания. Например,

это рекомендации относительно возможной частоты употребления дикорастущих плодов (ягод и грибов или дичи и т. д.) или рекомендации по использованию простых методов мытья, обработки и приготовления пищи, способствующих значительному снижению уровней цезия (например, отваривание грибов снижает уровень цезия в 5 раз). В исследовании, проведенном в Норвегии [22], была определена стоимость внедрения таких рекомендаций на единицу предотвращенной дозы, и они оказались весьма экономически эффективными (59 долл. США на чел.-Зв). Возможно, существуют меры, основанные на информации, которая имеет высокую экономическую эффективность в отношении снижения дозовых нагрузок в загрязненных районах, и это должно быть предметом дальнейшего рассмотрения.

Другой областью, которая может быть дополнительно исследована, является оценка эффективности проведения in vivo гамма-спектрометрических измерений, поскольку, как отмечено в Части Б, имеется вероятность переоценки содержания цезия у животных из-за того, что простыми дозиметрами при определении мощности дозы регистрируется также вклад в дозу калия-40 (как правило, 100 Бк/кг, но этот показатель может колебаться). Можно использовать поправочные коэффициенты, учитывая различия между отдельными животными, но вместе с тем индивидуальный крупный рогатый скот может оставаться на дорогостоящих "чистых" кормах в течение более длительного времени, чем это требуется. Использование более совершенных приборов могло бы улучшить положение дел, и их внедрение уже налаживается, однако это требует тщательной оценки с учетом соотношения "затраты–польза".

4.4.5. Выводы по ограничениям на продукты питания

Основания для определения уровней вмешательства в СССР не в полной мере соответствуют руководствам, предлагаемым МАГАТЭ. В частности, дозовые критерии в СССР относятся к рациону питания в целом, в то время как принятые в МАГАТЭ критерии относятся отдельно к каждому из шести основных категорий продуктов питания, и, более того, критерии, принятые в СССР, относятся к наиболее загрязненным продуктам питания, а критерии МАГАТЭ, напротив, учитывают средний индивидуальный показатель в каждой группе населения.

Учитывая различия в формулировках между соответствующими критериями, уровни вмешательства, принятые в СССР, находятся на нижней границе диапазона, предложенного МАГАТЭ. Этого трудно было ожидать, учитывая масштабы аварии, масштаб требуемых ограничений и трудности с продуктами питания в СССР. На основе того, что несколько людей получили дозы выше допустимого уровня, нельзя рассматривать проводимую политику неэффективной. Скорее всего, критерий, определяющий политику, должен быть средним для практических действий, а не для экстремальных случаев, в противном случае возникнет значительный дисбаланс в сторону более низких фактических показателей, что не будет являться оправданным.

Затраты на ограничение потребления продуктов питания были во многих случаях непропорциональны дозовым нагрузкам, которых удалось избежать; более того, при установлении уровней вмешательства, по-видимому, не было уделено достаточного внимания отрицательным последствиям ограничений на потребление продуктов питания, особенно тем последствиям, которые могли возникнуть из-за дефицита и/или существенных изменений в уровне потребления продуктов. Можно было бы достигнуть более оптимального баланса в соотношении между предотвращенными дозами и затратами, а также другими недостатками ограничений на потребление продуктов питания. При таких обстоятельствах были бы оправданы более высокие уровни вмешательства.

4.5. Переселение

4.5.1. Критерии и их исходные принципы

В табл. 17 [25] проведено сравнение критериев, принятых для переселения после чернобыльской аварии, с рекомендациями МАГАТЭ. Больше всего в табл. 17 поражает разнообразие показателей (доза за год, доза в течение всей жизни и плотность загрязнения), использованных для представления критериев. Эти различия препятствуют проведению прямых сравнений различных критериев. Даже те критерии, которые якобы выражены в одних и тех же величинах (напр., советские критерии для периода с 1986 по 1989 гг. и основные критерии МАГАТЭ, выраженные в виде дозы за год), являются при тщательном рассмотрении различными. Необходимо перевести каждый критерий в общепринятую систему для характеристики того же количественного параметра, чтобы можно было провести сравнение между ними. Дозовая нагрузка, которую удалось

Таблица 17

Сравнение уровней вмешательства для переселения

Год	Уровни вмешательства	
	СССР [6, 8–10]	МАГАТЭ [2]
1986	100 мЗв/г	
1987	30 мЗв/г	
1988	25 мЗв/г	
1989	25 мЗв/г	От нескольких единиц до ста мЗв в год[а, б]
1990	350 мЗв[в] 40 Ки/км^2 (1480 кБк/м^2)[г] 15 Ки/км^2 (555 кБк/м^2)[г]	

[а] От одного до нескольких десяткой μЗв/ч, выраженных как мощность дозы.

[б] Ранее в основных международных принципах был использован диапазон 50–500 мЗв в год [4, 17].

[в] Предельно допустимая доза в течение всей жизни 350 мЗв была предложена первоначально, но позже была заменена критерием, выраженным как плотность загрязнения (см. разделы 3.5.2 и 3.5.3).

[г] Критерий 40 Ки/км^2 (1480 кБк/м^2) (^{137}Cs/^{134}Cs) применим в целом и уровень 15 Ки/км^2 (555 кБк/м^2) применим к семьям, где есть маленькие или больные дети или беременные женщины. В Белоруссии был принят для использования в целом критерий 15 Ки/км^2 (555 кБк/м^2) [25].

избежать при переселении, является наиболее приемлемым количественным критерием для осуществления этой цели, и она определяет степень пользы, достигнутой в результате переселения.

До перевода различных критериев в систему непосредственно сравнимых величин сначала необходимо точно установить все имеющиеся между ними различия, особенно те из них, которые в явном виде не представлены в табл. 17.

О важности оценки различных критериев в сопоставимых величинах можно не говорить еще раз. Сравнение "несходных" или "несравнимых" величин, независимо от того, известно это или нет, внесло свой негативный вклад в разночтения и неправильное понимание этих вопросов различными группами в СССР. Кроме того, это неправильное понимание затрудняет достижение консенсуса в политике переселения в Советском Союзе. Наиболее существенные различия между критериями и способами их выражения представлены в табл. 18.

Имеется целый ряд существенных различий между соответствующими критериями и методами их представления; это исключает возможность проведения между ними простых прямых сравнений. Большинство различий уместно с точки зрения концепций и принципов вмешательства и требуют дальнейшего обсуждения до того, как соответствующие критерии будут переведены в ту форму, в которой можно проводить все сравнения.

4.5.1.1. Дозиметрический количественный показатель, используемый для выражения уровней вмешательства в отношении переселения

До настоящего времени отсутствует четкий международный консенсус по оптимальному количественному показателю, используемому для выражения уровней вмешательства в виде переселения в зависимости от дозы. Однако, совершенно очевидно, что при решении вопроса о переселении или других защитных мерах, предотвращенные дозы являются именно тем параметром, относительно которого следует оценивать затраты, а также другие недостатки принятия этой меры. Следовательно, критерии, выраженные в каких-либо других величинах, могут быть только производными от предотвращенной дозы. Поэтому может показаться странным, что ни один из количественных показателей в табл. 18 и, в частности, в международных принципах не выражается в этих величинах. Поэтому небходимо изучить предпосылки и причины этого.

Существуют значительные, если не непреодолимые сложности, связанные с формулировкой точного и общего определения количественных принципов для переселения в виде предотвращенной дозы или другого количественного показателя. Количественный показатель мощности дозы (заметим, что это другое понятие, чем доза за год) обладает наибольшим преимуществом в этом контексте, но только для таких идеализированных обстоятельств, когда ограничено его практическое значение[2]. Рассуждения об опти-

[2] Преимущества использования мощности дозы как количественного показателя для формулирования общих принципов переселения ограничены в большей степени идеализированной ситуацией, когда входные данные, помимо затрат на реализацию меры и достигнутого снижения дозы, не относятся к решению о переселении; его применимость, кроме того, ограничена теми случаями, когда можно допустить, что затраты на переселение будут прямо пропорциональны количеству и времени проживания людей в других местах, и когда переселенные люди затем возвратятся в загрязненные районы после снижения мощности дозы до значения ниже уровня вмешательства.

Таблица 18

Обзор основных характеристик каждого критерия

Год	Количество для выражения критерия	Пути облучения, требующие учета	Объект, к которому относится критерий	Метод оценки дозы
		СССР		
1986–1989	Доза за год	Все[а]	Критическая группа	Консервативный
1990	Доза в течение всей жизни (1986–2056)	Все[б]	Критическая группа	Консервативный
1990	Концентрация осажденого Cs	Н/П[в]	Н/П[в]	Н/П[в]
		МАГАТЭ		
	Доза за год (или мощность дозы)	Пути, на которые влияет переселение[г]	Средняя индивидуальная в переселенной группе	Реалистический

[а] Во внимание приняты все пути облучения с целью сравнения с количественным критерием; однако критерии подразделяются на два компонента, один для сравнения с воздействием при поступлении радионуклидов с пищевыми продуктами и второй — другими возможными путями их поступления. Половина годовой дозы была обусловлена дозой, поступившей с пищевыми продуктами в 1986 г., и 1/3 — в последующие годы. Не были учтены защитные меры при оценке дозы, сравниваемой с критерием для других путей поступления радионуклидов.

[б] Всегда необходимо учитывать все пути облучения, и в целях сравнения расчетных доз с критерием, принято, что с 1990 года защитные меры не проводятся; однако необходим учет защитных мер за период 1986–1989 гг.

[в] Не применяется.

[г] Как правило, только внешнее облучение от выпавших радиоактивных веществ и внутренее облучение от вдыхания повторно взвешенных частиц; в некоторых случаях переселение также может привести к снижению доз за счет употребления пищевых продуктов.

мальном уровне предотвращенной дозы, при которой следует провести переселение, в целом будут зависеть от периода, в течение которого можно избежать этой дозовой нагрузки, и на который предполагается провести отселение. Например, можно ожидать, что будут высказаны различные мнения в тех случаях, когда длительность проживания в новых районах после переселения составит соответственно несколько месяцев или десятки лет, чтобы избежать одного и того же уровня дозовой нагрузки. Таким образом, в случае представления наиболее значимого и полезного количественного показателя в виде предотвращенной дозы (или любого другого количественного показателя), он должен быть связан с определенным периодом после переселения или с определенным сценарием аварии, и, таким образом, с характером облучения в зависимости от времени; в противном случае диапазон показателей в любых руководящих принципах общего применения может неизбежно оказаться настолько расширенным, что не представится возможным соразмерить представляющие интерес ситуации. Отсутствие такой оценки отчасти обусловливает наличие широкого диапазона показателей основных количественных параметров МАГАТЭ (см. табл. 17).

Хотя предотвращенная доза, представленная надлежащим образом, является наиболее достоверным количественным показателем для обсуждения вопроса о пользе переселения (и, в разумных пределах, является идеальным количественным показателем для выражения критерия), этот факт не исключает использование других количественных показателей. Такие количественные показатели, как годовая доза, средняя годовая доза за определенный период времени, уровень загрязнения и т. д., могут при беспристрастном рассмотрении действовать в качестве адекватной замены предотвращенной дозы. Критерии вме-

шательства, выраженные в этих величинах, никогда в отдельности не окажутся достаточными для принятия тщательно взвешенных решений о переселении; может потребоваться дополнительная информация о профиле дозы за предполагаемый период переселения (т. е. для сравнения предотвращенной дозы и связанных с этим затрат). Взаимосвязь между этими количественными показателями и предотвращенной дозой будет существенно отличаться, в зависимости от обстоятельств аварии и характера загрязнения, и безусловно окажет влияние на критерии, выраженные в этих величинах. Критерии, выраженные в этих величинах, будут соответствовать принципам вмешательства только в тех случаях, когда в них учтены дозы, предотвращенные в результате применения контрмер.

Однако, существует ряд недостатков как технического характера, так и с точки зрения их восприятия в использовании других количественных показателей, помимо предотвращенной дозы, для выражения этого критерия. Во-первых, другие количественные показатели, как правило, являются заменой рассматриваемого количественного показателя, и их использование в целом внесет дополнительную неясность и неточность. Во-вторых, применение заменяющих количественных показателей неизбежно будет отвлекать внимание от центральной проблемы, а именно от дозы, которая может быть предотвращена в случае применения защитной меры, а это может привести к неправильному пониманию роли и важности таких количественных показателей. Другие недостатки относятся к определенному количественному показателю, и они рассматриваются при оценке преимуществ и недостатков каждого критерия в табл. 17.

Следует сделать последнее и наиболее важное замечание относительно осторожности и четкости в использовании количественных показателей дозы. Вольное обращение с терминологией и неправильная оценка количественных показателей были и остаются источником недопонимания и ненужных разногласий при обсуждении указанных критериев и т. д. в Советском Союзе. Например, дозы, оцененные по реалистической и консервативной моделям, часто ошибочно сравниваются между собой без соответствующей оценки. Аналогично, неправомерные сравнения делаются между дозами, оцененными с учетом и без учета влияния защитных мер, и между дозами в течение всей жизни, оцененными за различные периоды времени. Этим аспектам следует уделять больше внимания, чем это делалось ранее, для того чтобы уменьшить недопонимание и исключить сложности, которые при этом привносятся.

4.5.1.2. Пути поступления радионуклидов, которые необходимо учитывать, и соответствующие дозы облучения за прошлый период

В соответствии с основополагающими принципами, только те пути поступления радионуклидов и те дозы, на которые могут повлиять защитные меры, следует учитывать при решении вопроса о применении этих мер и о степени их осуществления. В случае переселения эти пути облучения, как правило, связаны с внешним облучением от выпавших радиоактивных веществ и внутренним облучением при ингаляционном поступлении веществ, находящихся в повторно взвешенном состоянии в атмосфере. В ряде случаев остаточная доза от поступления внутрь организма радиоактивных веществ после введения ограничений на потребление продуктов питания, также может рассматриваться с учетом ее снижения при переселении. Аналогично, не следует учитывать дозы, полученные ранее, поскольку на них не смогут повлиять защитные меры, предпринимаемые в будущем. Учет полученных ранее доз и путей поступления радионуклидов, на которые не оказала влияния данная защитная мера (или в тех случаях, когда доза облучения может быть снижена в большей степени с помощью других более простых и менее дорогостоящих, а также более социально приемлемых мер) считается ошибочным как теоретически, так и практически.

Несмотря на то, что полученные ранее дозы не связаны с принятием решений о вмешательстве, возможно, что эти дозы необходимо будет учитывать при принятии решений по другим вопросам в послеаварийный период; например, их безусловно следует учитывать при определении необходимости в проведении долгосрочного медицинского обследования и наблюдения в отношении лиц, пострадавших в результате аварии, и в выплате соответствующих компенсаций.

4.5.1.3. Применение критериев

В табл. 18 очевидны расхождения в отношении критической группы, выбранной для применения критерия, и в степени реализма, принятого при оценке дозы. Международные руководящие принципы по этим вопросам ясны. В целом критерии применяются к среднестатистическому лицу из критической группы, которую затрагивает защитная мера, а оценка дозы должна быть по возможности более реалистичной. Принятие консервативных подходов либо при выборе крити-

ческой группы, либо при оценке дозы неминуемо приведет к принятию действия, которое является неоптимальным и противоречащим принципам и целям вмешательства. Как в СССР, так и в других странах часто выступают в защиту консервативного подхода, утверждая, что это служит интересам пострадавших лиц, поскольку действия будут предприниматься при меньших дозах, чем предполагалось, и это наилучшим образом отвечает интересам населения. Это мнение, однако, вводит в заблуждение и игнорирует негативные последствия применения защитной меры, которые могут быть значительными. Если критерий вмешательства надлежащим образом оценен как наилучший в данных обстоятельствах, последующий пессимизм или оптимизм в отношении любого аспекта его применения может лишь наносить ущерб или противоречить принципам и целям вмешательства.

4.5.1.4. Сравнение критериев на общей основе

Для проведения правильного и точного сравнения различных критериев, указанных в табл. 18, все они были выражены через дозу, которая была бы предотвращена в результате их применения в особой ситуации, возникшей после чернобыльской аварии (при допущении, что в последующем не предусмотрено возвращение в загрязненные районы). Сравнение этих предотвращенных доз производится в табл. 19, и оценка эта проводилась максимально реалистично. В каждом случае предотвращенная доза внешнего облучения от выпавших радионуклидов представлена вместе с приблизительной оценкой общей предотвращенной дозовой нагрузки. Последняя включает в себя остаточную дозу от поступления радионуклидов внутрь организма, которая остается после введения ограничений на потребление пищевых продуктов и которую в принципе можно было бы избежать в определенной степени при переселении. Фактическое уменьшение этой дозы зависело бы от места, куда предусматривалось переселить людей, последующей практики проведения сельскохозяйственных работ в той области, где они жили, и моделей распределения пищевых продуктов и т. д. Было сделано упрощающее допущение относительно полного прекращения проведения сельскохозяйственных работ в тех областях, откуда были переселены люди, и того, что доз от поступления внутрь организма радионуклидов удастся полностью избежать (т. е. после переселения употребляются только незагрязненные продукты). Это допущение, по-видимому, приводит к завышенной оценке фактической предотвращенной дозы за счет внутреннего поступления.

Необходимо сделать ряд замечаний относительно методов, использованным для оценки предотвращенных доз. Наиболее реалистические методы, которые смог порекомендовать Институт биофизики МЗ СССР (ИБФ) в ноябре 1990 г. [26], были использованы с учетом фактических методов, которые применялись для соответствующих критериев. При использовании этих более реалистических методов можно получить величины доз приблизительно в 1,7 раз ниже, чем величины, рассчитанные ранее ИБФ для общих целей оценки доз и для целей сравнения с критериями. Такой поправочный коэффициент учитывает лишь намеренный консерватизм расчетов (т. е. основанный на величинах, известных из расчетов и измерений в течение нескольких лет после аварии). Кроме того, консерватизм может также закладываться в расчет доз в течение всей жизни вследствие неопределенности в скорости снижения дозы в будущем. Таким образом, нельзя полностью исключить вероятность завышения величин доз, приведенных в табл. 19. Дозы, воздействующие на организм при потреблении продуктов питания, рассчитывались на основании средней величины зависимости между дозой и плотностью загрязнения [26]; при этом учитывалось, что существуют значительные различия между населенными пунктами в зависимости от характеристик почвы и видов сельскохозяйственной деятельности. Остаточная доза, связанная с потреблением продуктов питания (т. е. доза, остающаяся после введения ограничений на проведение сельскохозяйственных работ и потребление продуктов питания), получение которой предположительно предотвращается путем переселения, рассчитывается как сумма ожидаемых годовых доз с верхним пределом дозы 2 мЗв/г за последующие 70 лет; указанная величина представляет собой характерную максимальную годовую дозу в условиях введения ограничений на потребление продуктов питания и других ограничений, связанных с сельскохозяйственной деятельностью [27]. При этих условиях возникает вероятность завышенной оценки величины предотвращенной дозы от продуктов питания. Предотвращенная доза, соответствующая критерию "350 мЗв в течение всей жизни", оценивалась на основании предположения, что максимальная доза в загрязненных населенных пунктах в период 1986–1989 гг. составляла 70 мЗв (расчет производился на основании консервативных методов, которыми ИБФ пользуется при применении данного критерия).

Как видно из табл. 19, предотвращенные дозы, принятые в СССР, полностью совпадают,

Таблица 19

Реалистические оценки предотвращенных доз на основании соответствующих критериев

	Критерий	Предотвращенная доза в течение всей жизни от от внешнего облучения[а] (мЗв)	Предотвращенная доза в течение всей жизни от внешнего облучения и остаточная доза за счет перорального поступления [а, б] (мЗв)
		СССР	
1986	100 мЗв/г[в]		
1987	30 мЗв/г[в]	~140	<240
1988	25 мЗв/г[в]	~130	<230
1989	25 мЗв/г[в]	~150	<260
1990	350 мЗв/за время жизни[г]	~ 60	<130
1990	40 Ки/км^2 (1480 кБк/м^2)[д]	~ 80	<160
	15 Ки/км^2 (555 кБк/м^2)[е]	~ 30	< 80
		МАГАТЭ	
	От нескольких единиц до сотни мЗв в год	~50 - ~1700*	~120 до ~1800

[а] Время, в течение которого доза за время жизни предотвращается, принимается за 70 лет, начиная с года, с которого применяется критерий. В случае применения критерия МАГАТЭ предотвращенная доза была рассчитана на период 70 лет, начиная с 1990 года. Делается это при том предположении, что в последующем, после переселения, люди не возвращаются в загрязненные населенные пункты, т.е. переселение является постоянным.

[б] Доза при пероральном поступлении, предотвращенная переселением, может быть рассчитана лишь приблизительно в зависимости от того, куда будут переселены люди, от последующей практики сельскохозяйственной деятельности в переселенных районах, распределения пищевых продуктов и т.д. При этом делается предположение, что после переселения, пероральные дозы снижаются до нуля; это предположение приведет к завышенной оценке фактического снижения значения полученной дозы.

[в] Половинное значение критерия в 1987 году и одна треть в 1988 и 1989 годах была отнесена к облучению в следствие потребления пищевых продуктов и остальные доли доз к другим путям облучения.

[г] Применяется к дозе в течение всей жизни в период 1986–2056 годы (см. раздел 3.5.2).

[д] Применяется в целом (см. раздел 3.5.3).

[е] Применяется к конкретным подгруппам населения, но был принят для общего применения в Белоруссии (см. раздел 3.5.3).

* Величины, соответствующие критериям МАГАТЭ, выраженные в виде "доза за год", будут изменяться в зависимости от характера аварии и природы загрязнения. Приводимые величины отражают состав тех радионуклидов, которые были характерны для чернобыльской аварии.

за одним исключением, с рекомендациями МАГАТЭ. Это не удивительно, поскольку очень широкий диапазон величин, содержащийся в рекомендациях МАГАТЭ, предназначается для учета различных ситуаций, которые могут представлять потенциальный интерес. Необходимо, однако, отметить, что предотвращенные дозы очень близки к значениям нижних пределов, рекомендуемым МАГАТЭ. Предотвращенная доза для критерия 15 Ки/км^2 (555 кБк/м^2) (используемая в Государственной программе для выборочного переселения конкретных групп населения, которые считаются как находящиеся в условиях повышенного риска, и в качестве общего критерия в Белоруссии) — единственная, которая находится ниже диапазона значений МАГАТЭ. Принимая во внимание масштаб чернобыльской аварии и определения, которые содержатся в

количественных рекомендациях МАГАТЭ, следует ожидать уровни, которые находятся ближе к середине или к верхней части диапазона величин.

Значения внешних доз облучения, которых можно было бы избежать при переселении с учетом действовавших в период 1987–1989 годов критериев, приблизительно равны 140 мЗв; при пределе дозы в течение всей жизни 350 мЗв и критерии равном 40 Ки/км^2 (1480 кБк/м^2) дозы, которых можно избежать, примерно в два раза ниже. Остаточные дозы при пероральном поступлении, которых в принципе можно избежать при переселении, будут в лучшем случае сопоставимы по своей величине; они могли бы быть существенно ниже в зависимости от последующей практики сельскохозяйственной деятельности и распределения продуктов питания. Критерии 1987–1989 годов ведут к завышенным значениям предотвращенных доз; по критериям после 1990 года значение предотвращенной дозы будет в два раза ниже. Такое изменение необязательно выходит за рамки основополагающих принципов вмешательства, но для точной оценки оно должно учитываться вместе с изменением других факторов, сопоставляемых в период вмешательства (напр., ограниченные ресурсы, отношение общественности и т. д.). Эти аспекты подробно излагаются в разделе 4.5.5 и в Приложении 3.

Дозы, которые можно было бы избежать при переселении, в целом являются самыми умеренными в сравнении с денежными и социальными затратами при применении конкретной защитной меры; в действительности, по критериям после 1990 года величина внешней дозы, которую можно было бы избежать, мала по сравнению со средними уровнями доз от естественного радиационного фона за тот же самый период времени. Влияние этих доз на здоровье и расходы на единицу предотвращенной дозы для принятых в этих целях мер более подробно рассматриваются в разделах 4.5.3 и 4.5.4, соответственно. Вопросы влияния социальных факторов также рассматриваются.

4.5.2. Достоинства и недостатки соответствующих критериев

Достоинства и недостатки каждого критерия, используемого в СССР, рассматриваются в контексте международных рекомендаций о вмешательстве.

4.5.2.1. Доза за год (1986–1989)

Если величина "доза за год" заменяет предотвращенную дозу, то это соответствует принципам вмешательства. Несмотря на ее широкое использование в целях определения критериев переселения (в действующих рекомендациях МАГАТЭ [2] используются эти величины), имеются и отрицательные аспекты ее использования. Концептуально нет никаких доминирующих причин выбора одного года в качестве эталонного периода времени в сравнении с любыми другими периодами. В действительности, могут быть существенные аргументы против этого. Простота понимания и использование этого периода для выражения других количественных величин могут быть использованы при его выборе. Последнее, однако, зависит от основной проблемы, связанной с данной величиной, то есть с вероятностью неправильной интерпретации. Эта проблема возникает вследствие того, что может быть легко сделано прямое сравнение, как бы оно не было неподходящим, с пределами годовых доз и сделаны ошибочные выводы. Это, в свою очередь, может привести к недоразумениям, неправильной интерпретации и, в конечном счете, к потере доверия ко всей системе вмешательства. Хотя этот вопрос может показаться академическим, его важность не должна недооцениваться в контексте установления критериев, способных получить широкое признание. Вероятность проведения неправильных сравнений и связанное с этим неправильное понимание свойственны не только широкому населению.

Помимо потенциальных трудностей в использовании этой количественной величины, имеются также недостатки в ее использовании, в частности при консервативной оценке доз при их сравнении с критерием и при ее применении в отношении облучения критической группы, а не среднестатистического лица среди тех лиц, на которых воздействовала защитная мера. Использование консервативных оценок доз неправильно с концептуальной точки зрения и может привести к ненужному переселению людей (например, тех, кто получил бы фактические дозы ниже установленного критерия). Тезис о том, что такой консервативный подход совпадает с интересами людей, которые подверглись воздействию аварии, хотя он и излагался из лучших намерений, является неуместным. В нем, по-видимому, не учитываются основные социальные расходы и возможные расходы на здравоохранение при переселении, а также дополнительное беспокойство людей, которые считают, что они получают намного большие дозы, чем на самом деле.

4.5.2.2. Предел дозы в течение жизни равный 350 мЗв

В принципе, эта величина, несмотря на неизбежную путаницу с пределами доз, является идеальной заменой предотвращенной дозы в тех случаях, когда переселение производится навсегда или, по крайней мере, рассчитано на длительный период времени. В том случае, когда переселение будет временным, она не дает каких-либо конкретных преимуществ в сравнении с другими величинами, когда доза интегрируется за фиксированный период времени. Можно сделать два критических замечания относительно того, как этот критерий применялся, второе из которых ведет к ряду трудностей с некоторыми аспектами концептуальной основы. Во-первых, для сравнения с этим критерием использовались консервативные методы оценки доз; последствия такого подхода уже изложены. Во-вторых, доза, полученная в период 1986–89 годов, была включена в дозу, которая должна была сравниваться с критерием. Это полностью противоречит принципам, лежащим в основе вмешательства и не может быть оправдано с концептуальной точки зрения. Однако, учет доз за прошлый период может быть необходим для других целей, например, при выплате компенсации тем лицам, которые пострадали от аварии, или при определении необходимости в длительном медицинском обследовании и наблюдении.

Причина включения доз за прошлый период по-видимому связаны с концептуальной основой, используемой для выработки критерия (см. раздел 3.4.2.). Эта основа, однако, представляется в корне неправильной и, более того, не согласуется с принципами, лежащими в основе критерия вмешательства. Она базируется на предпосылке, что при дозах ниже этого уровня будет невозможно статистически наблюдать рост индуцированных заболеваний у населения. Несмотря на точность данной предпосылки, нельзя исключать возможность воздействия облучения на здоровье при этих уровнях доз. Действительно, в настоящее время научная общественность пришла к выводу, что для целей планирования мероприятий по здравоохранению будет разумно предположить, что такие эффекты будут иметь место при уровнях, которые можно рассчитать на основе коэффициентов риска, изложенных в последних международных обзорах [3, 28].

Два дополнительных фактора отрицательно влияют на приемлемость этого потенциально полезного критерия. Во-первых, этот критерий связан лишь с переселением как с защитной мерой, при этом не полностью рассматриваются относительные достоинства более простых и возможно более эффективных по расходам мероприятий при выработке соответствующей политики вмешательства. Переселение нужно было предпринимать, если дозы от всех путей облучения, без учета других защитных мер, принятых после 1989 года, превышали установленный критерий. В тех населенных пунктах, где этот критерий не превышался, дополнительные защитные меры не нужно было предпринимать. Два критических замечания можно сделать и при таком подходе. Во-первых, решения о введении ограничений на потребление пищевых продуктов в основном не зависят от переселения людей, и их дальнейшее действие и польза должны оцениваться отдельно для пунктов, население из которых не переселяется. Во-вторых, при определении того, следует или не следует проводить переселение и какое уменьшение дозы будет иметь место, необходимо надлежащим образом учитывать потенциально большое уменьшение доз, которое может произойти при более низких денежных и социальных затратах при введении постоянного ограничения на потребление пищевых продуктов.

Причины учета доз за прошлый период по-видимому связаны с концептуальной основой, используемой для выработки критерия (см. раздел 3.4.2). Эта основа, однако, представляется в корне неправильной и, более того, не согласуется с принципами, лежащими в основе критерия вмешательства. Она базируется на предпосылке, что при дозах ниже этого уровня будет невозможно статистически наблюдать рост индуцированных заболеваний у населения. Несмотря на точность данной предпосылки нельзя исключать возможность воздействия облучения на здоровье при этих уровнях доз. Действительно, в настоящее время научная общественность пришла к выводу, что для целей планирования мероприятий по здравоохранению будет разумно предположить, что такие эффекты будут иметь место при уровнях, которые можно рассчитать на основе коэффициентов риска, изложенных в последних международных обзорах [3,28].

Два дополнительных фактора отрицательно влияют на приемлемость этого потенциально полезного критерия. Во-первых, этот критерий связан лишь с переселением как с защитной мерой, при этом не полностью рассматриваются относительные достоинства более простых и возможно более эффективных по расходам мероприятий при выработке соответствующей политики вмешательства. Переселение нужно было предпринимать, если дозы от всех путей облучения, без учета других защитных мер, принятых после 1989 года, превышали установленный критерий. В тех населенных пунктах, где этот крите-

рий не превышался, дополнительные защитные меры не нужно было предпринимать. Два критических замечания можно сделать и при таком подходе. Во-первых, решения о введении ограничений на потребление пищевых продуктов в основном не зависят от переселения людей, и их дальнейшее действие и польза должны оцениваться отдельно для пунктов, население из которых не переселяется. Во-вторых, при определении того, следует или не следует проводить переселение и какое уменьшение дозы будет иметь место, необходимо надлежащим образом учитывать потенциально большое уменьшение доз, которое может произойти при более низких денежных и социальных затратах при введении постоянного ограничения на потребление пищевых продуктов.

Второй фактор касается интерпретации критерия в виде предела годовой дозы для населения. Как в СССР, так и в других странах этот критерий рассматривали как произведение годовой дозы 5 мЗв/г на продолжительность жизни в 70 лет. Авторы этого критерия утверждают, что эти соображения не играли никакой роли при его определении. Несмотря на это, числовой эквивалент являлся источником излишней путаницы и недопонимания, которые продолжают иметь место. Это разночтение побудило некоторых специалистов предложить уменьшить этот критерий до 70 мЗв; это изменение оправдывается ссылкой на снижение предела годовой дозы, рекомендованной МКРЗ, с 5 до 1 мЗв. Такие предложения необоснованы и не соответствуют принципам вмешательства (см. раздел 2). Они показывают полное непонимание роли и цели пределов доз, а также того, что пределы доз не имеют отношения к уровням вмешательства. Различные мнения по этому вопросу среди ученых в СССР, по-видимому, в значительной степени повлияли на потерю доверия населения и его политических представителей к предлагаемой системе вмешательства и привели к повышенному беспокойству населения. Те лица, которые неправильно интерпретировали роль пределов доз в контексте вмешательства, несут главным образом ответственность за эту неприятную ситуацию. Эта ситуация никак не помогла людям, пострадавшим в результате аварии. Этот опыт может служить хорошим уроком в будущем. Численные значения критериев должны выбираться, насколько это практически возможно, таким образом, чтобы по возможности не смешивать с пределами доз, даже если это означает, что необходимо найти некоторый компромисс при их научном обосновании.

4.5.2.3. Уровни загрязнения

Использование этого показателя в качестве заменителя предотвращенной дозы соответствует принципам вмешательства. Этот показатель имеет существенное преимущество при использовании его на практике, являясь основным параметром для измерения загрязнения окружающей среды; по этому параметру составлены соответствующие карты. Кроме того, показатель уровня загрязнения более понятен для неспециалистов, чем показатель уровня дозы. Основным недостатком показателя уровня загрязнения является то, что его соотношение с дозой (особенно при пероральном поступлении радионуклидов) может колебаться в пределах двух порядков величины в зависимости от вида почвы и практики сельскохозяйственной деятельности. Поэтому в лучшем случае этот показатель может служить лишь средством приблизительной оценки дозы и потенциально предотвращенных доз. В идеале любой критерий, выраженный через этот показатель, должен быть определен таким образом, чтобы учитывались соответствующие поправки для тех ситуаций, когда соотношение между уровнем дозы и уровнем загрязнения существенно отличается от средних значений. Отсутствие таких поправок в существующих критериях по переселению является существенным упущением, которое следует исправить.

4.5.3. Уровни индивидуального риска, связанные с критериями по переселению

Перед проведением анализа по оценке стоимости единицы предотвращенной дозы в связи с использованием различных критериев по переселению важно в первую очередь учитывать в долгосрочном плане уровни индивидуального риска, который может иметь место при продолжении проживания на загрязненных территориях. Реалистические оценки уровня дозы, которая может быть предотвращена за счет переселения при применении различных критериев, приводятся в табл. 19; в случае отказа от переселения существует возможность получения населением дополнительных доз облучения.

Данные оценки ежегодного увеличения степени риска летальных исходов для детей, рожденных в 1990 году и проживающих в настоящее время в населенных пунктах, где величина дозы в течение всей жизни имеет конкретные значения в

Таблица 20

Дополнительный риск, связанный с продолжительным проживанием на загрязненных территориях

Возраст (а)	Уровень смертности в год на 10^5 чел.($г.^{-1}$)[а]	Увеличение вероятности смерти в год на 10^5 жителей, продолжающих жить в населенных пунктах, где дозы в течение жизни (1990–2060) будут иметь указанные значения[б]		
		37 мЗв	87 мЗв	210 мЗв
1	230	0	0	0
10	51	0,5	1,3	3
20	100	2	4,5	11
30	180	4	9	22
40	320	8	18	42
50	750	20	45	108
60	1600	53	125	300
70	3700	126	292	700
80	9800	223	517	1250
Среднее уменьшение продолжительности жизни (в днях)[в]		6,4	15	36
Среднегодовое увеличение риска смерти при проживании в загрязненных районах на 10^5 чел.($г.^{-1}$)[г]		1,6	3,7	9

Примечание: Обычно значения даются с точностью до второго знака.

[а] Среднегодовой уровень смертности в СССР от различных причинкак среди женщин, так и мужчин (на 10^5 чел. в каждой возрастной группе).

[б] Увеличение вероятности смерти для людей рождения 1990 года и продолжающих жить в населенных пунктах, где дозы в течение всей жизни имеют указанные значения. Распределение доз во времени такое, как это прогнозируется для загрязненных районов (см. раздел 4.5.4).

[в] Уменьшение средней продолжительности жизни для лиц, рожденных в 1990 году; более низкие значения риска будут для лиц, рожденных в другие годы.

[г] Увеличение риска смерти за год для лиц, рожденных в 1990 году, принимая среднее значение для продолжительности жизни — 70 лет; более низкие значения будут для лиц, рожденных в другие годы.

зависимости от возраста детей, приведены в табл. 20. В табл. 20 также приводятся оценки относительного снижения средней продолжительности жизни и среднего увеличения риска для здоровья за год (если исходить из того, что средняя продолжительность жизни равняется 70 годам) для данной группы населения. Увеличение риска и сокращение продолжительности жизни будет ниже для людей, рожденных не в 1990 г. Для целей сравнения в табл. 20 приведены также данные об уровнях общей смертности в СССР за год для мужчин и женщин. В Приложении 2 содержится информация, на основании который были получены значения общего риска.

Ниже рассматривается способ использования информации, содержащейся в табл. 20, при принятии решений по стратегии переселения. При 40 Ки/км^2 (1480 кБк/м^2) как критерия для переселения верхняя граница оценки дозы в течение всей жизни, которую можно предотвратить, рав-

няется приблизительно 160 мЗв (см. табл. 19). Соответствующее среднее уменьшение продолжительности жизни составит 25 дней, а ежегодное увеличение риска смерти за среднюю продолжительность жизни составит 0,5 на 10 000 человек в год; как указывалось ранее, степень риска меньше для тех людей, кто был рожден не в 1990 г. Величина дополнительного риска, хотя это и не является тривиальным, мала по сравнению с тем риском, которому люди подвергаются в обычной жизни. Сама по себе величина этого риска значительно ниже той, которую многие могли бы считать достаточной, чтобы обосновать последующие огромные социальные затраты и неудобства, связанные с переселением. В действительности риск для здоровья людей, связанный с переселением (не считая того, что могут возникнуть социальные проблемы), может быть значительно выше, чем риск предотвращенного облучения. Сокращение продолжительности жизни в результате переселения требует более детального изучения и подтверждения: в последствии результаты могут быть тщательно оценены и сообщены заинтересованным лицам, что послужит основанием говорить о том, что решения о переселении принимались неформально. Для других критериев переселения, выражаемых через дозы или уровни загрязнения, оценка уровней риска или снижения продолжительности жизни может быть проведена с применением соответствующих масштабных коэффициентов.

4.5.4. Анализ "затраты-польза" при принятии решения о переселении

Затраты на переселение и дозы, предотвращенные в результате переселения, являются двумя наиболее важными факторами, которые должны учитываться при принятии обоснованных решений в отношении наиболее соответствующего уровня осуществления этой защитной меры. Они, безусловно, не являются единственными факторами, которые следует учитывать: в некоторых случаях они могут терять свою важность, в частности если отдается приоритет социально-политическим факторам. Не отрицая потенциальной важности других факторов, достоинства этого метода заключаются в том, что есть возможность сначала провести частичный или ограниченный анализ, определяющий баланс или взаимосвязь только двух отдельных исходных факторов, например, расходов на переселение и доз, предотвращенных в результате переселения. Для проведения подобного анализа существуют две причины. Во-первых, он предполагает проведение оценки финансовых ресурсов, которые необходимо затратить при переселении на единицу предотвращенной дозы или на единицу воздействия на здоровье, создавая таким образом основу для сравнения с расходами на здравоохранение в других местах. Во-вторых, он позволяет определить оптимальные уровни для принятия решений о переселении, по крайней мере в тех случаях, когда рассматриваются только расходы и предотвращенный риск облучения. Это позволяет в дальнейшем оценить влияние других факторов, в большей степени относящихся к социально-политическим. Влияние этих факторов рассматривается в разделе 4.5.5.

Для простоты рамки анализа ограничивались рассмотрением вопросов переселения на постоянное место жительства, т. е. в момент переселения не было намерения вернуть людей на прежнее место жительства. Такой подход в целом отражает реальную ситуацию, хотя и не исключает, что часть жителей в будущем пожелает вернуться, даже если на данный момент таких планов нет. В этих обстоятельствах доза, предотвращенная переселением, является остаточной дозой в течение всей жизни, которая в ином случае могла бы быть получена. В более общих случаях при определении оптимальной политики вмешательства необходимо надлежащим образом учитывать период, на который производится отселение (что будет определяться уровнем дозы, при которой возможно возвращение).

4.5.4.1. Объем и задачи анализа

Объем и задачи анализа были определены, исходя из двух целей: во-первых, провести оценку затрат расходов на единицу предотвращенной дозы в случае переселения жителей нескольких населенных пунктов с различной радиологической, экологической и социальной обстановкой; во-вторых, провести оценку расходов на единицу предотвращенной дозы в случае переселения как функции уровня дозы или уровня загрязнения местности, при которых должен осуществляться данный вид вмешательства (т. е. переселение) для каждой республики и(или) СССР в целом.

Проведение такого анализа как для каждого населенного пункта, так и в более крупном масштабе на республиканском или союзном уровнях диктовалось объективными причинами. Любые практические шаги в области осуществления политики переселения должны предприниматься по крайней мере на республиканском уровне или, что наиболее предпочтительно, на союзном уровне; оценки должны быть произведены в соответствии с этим подходом. Кроме того, важно проанализировать, будет ли политика, разрабо-

Таблица 21

Основные радиологические данные, использованные в анализе "затраты-польза"

Уровни загрязнения цезием ($Ки/км^2$)	Индивидуальная эффективная доза за год (1990) (мЗв)[а]	Индивидуальная эффективная доза в течение всей жизни (мЗв)[а]	Количество жителей в диапазоне доз	Коллективная эффективная доза в течение всей жизни (чел.-Зв)[а, б]
5-10	2,2-3,7	37-62	411 800	20 400
10-15	3,7-5,1	62-87	87 200	6 500
15-20	5,1-6,6	87-111	117 900	11 700
20-25	6,6-8,1	111-136	28 100	3 500
25-30	8,1-9,6	136-161	24 900	3 700
30-35	9,6-11,0	161-186	15 700	2 700
35-40	11,0-12,5	186-210	5 300	1 050
40-60	12,5-18,4	210-309	10 400	2 700
60-80	18,4-24,3	309-408	3 400	1 200
>80	>24,3	>408	900	4 000
ВСего			705 600	54 000

[а] Все дозы оценены, исходя из предположения, что защитные меры не принимаются.

[б] Коллективная доза в каждом диапазоне величин загрязнения рассчитана как произведение количества жителей и среднего значения индивидуальной дозы в течение всей жизни в период 1990-2060 гг..

танная на более широкой основе, применима к масштабам отдельного населенного пункта или она должна быть изменена или дополнена с учетом местных факторов. Как ожидается, возможны существенные различия в средних затратах на единицу предотвращенной дозы при переселении большого количества населенных пунктов внутри республики в целом, а также в случае переселения отдельных населенных пунктов с разными радиологическими, экономическими и социальными условиями.

Несмотря на важность проведения анализа по этим двум направлениям, осуществить его на практике не удалось. Оказалось невозможным за отведенное время получить требуемые данные по определенным радиологическим, экономическим и социальным условиям, существующим в выбранных для проверки населенных пунктах. Поэтому не удалось проверить точность или достоверность выводов, полученных из анализа на республиканском и союзном уровнях. Это является определенным недостатком настоящего анализа, но это выходит за рамки компетенции экспертов, и, как только это станет практически возможным, этот недостаток следует исправить. Отсутствие указанных данных аналогичным образом повлияло на результаты оценки социально-политических факторов (см. раздел 4.5.5). Вопреки первоначальным намерениям, анализ мог быть проведен только на республиканском или союзном уровнях, что, конечно, вносит определенные ôграничения.

4.5.4.2. Основные данные, используемые в настоящем анализе

Основные данные и другие допущения, используемые в настоящем анализе, приведены в Приложении 2 наряду с подробными результатами анализа "затраты-польза". В текст включены только итоговые результаты, полученные с использованием основных данных и допущений. СССР просили по возможности предоставить реалистические данные с тем, чтобы избежать нежелательных ошибок в анализе. Соответственно, некоторые данные (в особенности данные по дозиметрии), используемые в анализе, отличаются от данных, встречающихся в других источниках, при этом некоторые данные могут

по-прежнему не отвечать реальным значениям, и, там где это важно, на это указывается в тексте. Данные были получены по каждой из трех республик и по Союзу, однако анализ ограничился общесоюзным уровнем. Поверхностный анализ данных показывает, что при выполнении отдельных анализов по каждой из республик была возможность получить больший объем дополнительной информации, особенно учитывая общий характер выводов, полученных в отсутствие анализа по каждому из населенных пунктов.

4.5.4.3. Радиологические данные

Основные радиологические данные приведены в табл. 21. Зависимость "распределение населения/загрязнение местности цезием" взята из [29], а соотношение между дозой и уровнями загрязнения из [26]. Эти соотношения по оценке специалистов из Института биофизики МЗ СССР могут рассматриваться на данный момент как наиболее реалистичные. В них содержится поправочный коэффициент 1,7 по сравнению с предыдущими оценками доз, которые были преднамеренно консервативными. Данный поправочный коэффициент учитывает только обоснованный консерватизм (например, из сравнения оценок и измерений, проведеных в последующие после аварии годы). В дальнейшем консерватизм может по-прежнему существовать в оценке дозы в течение всей жизни в связи с неопределенностью темпов снижения дозы в будущем. В Советском Союзе недавно вновь продолжились исследования по этим проблемам и не исключена возможность снижения в дальнейшем значений прогнозируемой дозы в течение всей жизни.

Использованные соотношения полностью представлены в Приложении 2, а для двух количественных величин — годовой дозы в 1990 г. и дозы в течение всей жизни для периода 1990–2060 гг. — приводятся ниже.

(1) *Если защитные меры не предпринимались* [26]

— Годовая доза в 1990 г.

$$H_{a,ext} = 0{,}11C \text{ мЗв/г}$$

$$H_{a,int} = 0{,}734 + 0{,}184C \text{ [мЗв/г]}.$$

— Доза в течение всей жизни на период с 1990 по 2060 гг.:

$$H_{l,ext} = 1{,}87C \text{ мЗв}$$

$$H_{l,int} = 12{,}34 + 3{,}08C \text{ [мЗв]}.$$

(2) *Если были введены ограничения на потребление пищевых продуктов* [27]

— Годовая доза в 1990 г:

$$H_{a,int} = -0{,}17 + 0{,}95 \log_{10}C \text{ [мЗв/г]},$$

где C — уровень загрязнения цезием в Ки/км^2, обозначения "int" и "ext" относятся к внутреннему и внешнему уровням облучения; "a" и "l" относятся к годовой дозе и дозе в течение всей жизни, соответственно.

Эти отношения требуют некоторого пояснения. Во-первых, необходимо признать, что они некоторым образом идеализированы и могут быть использованы для выведения среднего показателя. В частности для доз внутреннего облучения их неприемлемо использовать при оценке доз для отдельных населенных пунктов, в которых существует значительный разброс в средних значениях характеристик почвы и используются различные сельскохозяйственные приемы. Это одна из причин, требующая дополнильного анализа "затраты–польза" для ряда представительных населенных пунктов. Во-вторых, годовая доза внутреннего облучения в 1990 г., при условии введения ограничений на потребление сельскохозяйственных продуктов, в этом анализе остается как постоянная величина за все последующие годы, в течение которых действуют указанные ограничения (конечно в том случае, если прогнозируемая доза без применения защитных мер не будет ниже). Если для начала 1990-х годов это могло бы быть разумным допущением, то впоследствии это может привести к увеличивающейся завышенной оценке значений дозы при пероральном поступлении, по крайней мере на время действия ограничений на потребление продуктов питания.

4.5.4.4. Экономические данные

Основные данные по затратам на проведение защитных мер были взяты из Государственной союзно-республиканской программы по ликвидации последствий чернобыльской аварии на 1990–1992 гг. [9]. Затраты в программе разнесены по разным категориям, включая затраты на переселение жителей, а также затраты на различные меры по улучшению условий жизни для жителей, остающихся жить в районах, пострадавших от

аварии. На основе этих данных были определены средние затраты на переселенного жителя, а также средние затраты на улучшение условий жизни непереселенного жителя. Ниже они приводятся в обобщенном виде, а основы, которые использовались при их определении, изложены в Приложении 2. Затраты подразделялись на две компоненты, охватывающие фиксированные (исходные) затраты на проведение защитной меры и фиксированные затраты с годовой составляющей, зависящей от периода, в течение которого принимаются защитные меры.

Переселение: 42 000 руб. на одного жителя.

Улучшение условий жизни: 4300 руб. на человека, также 1250 руб. на человека в год на период действия защитных мероприятий (или 1430 руб. на человека для районов, где уровень загрязнения превышает 15 Ки/км^2 (555 кБк/м^2)).

Вследствие некоторой неопределенности, относящейся к нечеткости разбивки на категории различных затрат, и основной предпосылки о том, что затраты могут быть прямо пропорциональны численности населения, пострадавшего в результате аварии, вышеуказанные оценки могут быть использованы только для очень приблизительной оценки общих затрат на различные стратегии защитных мер (за исключением, конечно, оценки стратегии, из которой они были выведены, например, действующая программа на 1990–1992 гг. [9]). Более того, затраты являются адекватными только тогда, когда используются при расчетах как среднее значение для всех населенных пунктов, пострадавших в результате аварии. Было бы неправильным использовать их для оценки затрат на единицу дозы, предотвращенной в результате переселения, для любого населенного пункта.

4.5.4.5. Стратегии рассматриваемых защитных мер

Затраты на единицу дозы, предотвращенной в результате переселения, оценивались как функция уровня, на котором предполагается их осуществление. В анализе уровень загрязнения цезием используется как критерий для переселения лишь для удобства. В равной степени допустимо использование следующих величин: доза в течение всей жизни, годовая доза в 1990 г. или другие величины. Пересчет в другие величины можно легко сделать на основе данных, представленных в табл. 21.

Затраты на единицу дозы, предотвращаемой в результате переселения при различных уровнях, оценивались в рамках Государственной программы на 1990–1992 гг. [9]. В анализе предполагается, что уровень загрязнения (или связанный с ним уровень дозы), превышение которого влечет за собой осуществление мер по улучшению условий жизни, остается постоянным, а уровень, при котором начинает осуществляться переселение, является единственной переменной. Кроме того, предполагается, что эти оценки проводятся до начала осуществления указанной программы. Результаты будут отличаться, если эта оценка будет проведена в настоящее время (т. е. после того, как данная программа была частично реализована). Это может произойти в том случае, если впоследствии будет принято решение об изменении политики переселения, и таким образом затраты на улучшение условий проживания, считаясь затратами единовременными, не могут быть ни возвращены, ни использованы по назначению. Также исследовалась зависимость результатов анализа от времени его проведения.

Затраты на единицу предотвращенной дозы в результате осуществляемых мер по переселению при различных уровнях доз или уровнях загрязнения также будут отличаться в зависимости от периода, на который принимаются меры для улучшения условий проживания. В отношении программы после 1992 г. при отсутствии точной информации о ее масштабах могут быть сделаны лишь приблизительные оценки. Для того, чтобы оценить значимость соотношения затрат на единицу предотвращенной дозы, были определены три гипотетических сценария:

— после 1992 г. не принимается никаких дальнейших мер по улучшению условий проживания;
— существующая программа по улучшению условий проживания продлевается на пятилетний период (т. е. до 1995 г.);
— существующая программа по улучшению условий проживания продлевается на десятилетний период (т. е. до 2000 г.).

Выбор этих величин не связан (и никоим образом не должен быть) с периодом, в течение которого могут сохраняться меры, имеющие своей целью улучшение условий проживания в пострадавших районах.

Для каждого из трех сценариев оценивалась предельная стоимость затрат на единицу дозы, предотвращенной в результате переселения, как функции уровня загрязнения (в диапазоне с 5 до 80 Ки/км^2 (185–2960 кБк/м^2)). Кроме этого, был

Таблица 22

Изменение средних и предельных затрат на единицу предотвращенной дозы в зависимости от критерия переселения и периода, в течение которого предполагается осуществление мер по улучшению условий проживания[а, б]

Период, в течение которого будут применяться меры по улучшению условий проживания	3 года		5 лет		10 лет	
Критерий для переселения (Ки/км^2) (кБк/м^2) при загрязнении цезием[б]	Затраты на единицу предотвращенной дозы (в млн.руб. на чел.-Зв)					
	Средние	Предельные	Средние	Предельные	Средние	Пределеьные
5 (185)	0,55	0,75	0,55	0,72	0,55	0,62
10 (370)	0,45	0,50	0,47	0,48	0,53	0,41
15 (555)	0,44	0,37	0,47	0,35	0,54	0,29
20 (740)	0,48	0,30	0,54	0,28	0,66	0,24
25 (925)	0,52	0,25	0,58	0,23	0,72	0,20
30 (1110)	0,61	0,21	0,67	0,20	0,81	0,17
35 (1295)	0,71	0,19	0,78	0,18	0,92	0,15
40 (1480)	0,78	0,14	0,83	0,14	0,96	0,12
60 (2220)	1,06	0,10	1,06	0,099	1,13	0,085
80 (2960)	1,29	0,081	1,22	0,078	1,23	0,067
α	1,40	—	1,29	—	1,27	—

[а] Затраты рассчитаны на основе базовых показателей по отношению к затратам на переселение и улучшение условий проживания. Среднее значение затрат на единицу предотвращенной в результате переселения дозы состоит из суммы затрат на улучшение условий жизни в населенных пунктах с уровнем загрязнения выше 5 Ки/км^2 (185 кБк/м^2) и затрат по переселению жителей из населенных пунктов с уровнями загрязнения, превышающими определенный критерий, деленной на коллективную эффективную дозу, предотвращенную в результате применения этих мер. Предельные затраты на единицу дозы, предотвращенной в результате переселения, оценивались как увеличение затрат, связанных с принятием более низкого критерия переселения, деленных на соответствующее увеличение предотвращенной коллективной дозы.

[б] Эти критерии могут быть преобразованы в другие величины, используя данные, приведенные в табл. 21.

проведен ряд анализов чувствительности некоторых ключевых параметров. Настоящее рассмотрение ограничивается двумя наиболее важными параметрами: затраты на переселение и затраты на улучшение условий проживания.

4.5.4.6. Результаты

Базовый пример

Данные об изменении предельных затрат на единицу дозы, предотвращенной в результате осуществления переселения при различных уровнях загрязнения, приведены в табл. 22 и проиллюстрированы на рис. 2–10 в Приложении 2 к настоящей Части; значения даны для каждого периода, в течение которого предполагается осуществление мер по улучшению условий проживания.

Средние затраты на единицу предотвращенной дозы для каждой стратегии защитных мер также приводятся в табл. 22. Как видно они очень велики, и затраты свыше одного миллиона рублей на предотвращенный человеко-зиверт связывают с проведением мер по улучшению условий проживания. Это является следствием многих мер, требующих больших затрат (напри-

мер, выплата компенсаций населению и т.д.) и предпринимаемых для улучшения условий проживания, имеющих мало или совсем не имеющих общего с дозой, полученной в результате облучения. Единственными мерами, способствующими достижению значительного снижению уровня дозы, являются меры по обеспечению населения чистыми продуктами, а также проведение агротехнических мероприятий, снижающих уровни их загрязнения. Однако, эти затраты составляют небольшую часть денежных средств, направленных на улучшение условий проживания.

Предельные затраты на единицу дозы, предотвращенной в результате переселения при различных уровнях загрязнения, различаются в зависимости от того периода времени, в течение которого предполагается проведение мер по улучшению условий проживания. Вследствие этого затраты на переселение, в сравнении с затратами на улучшение условий проживания, тем ниже, чем длительнее период осуществления мер по улучшению условий проживания. Предельные затраты на десятилетний период на единицу дозы, предотвращенной в результате переселения из районов, где уровни загрязнения составляют 40 Ки/км^2 (1480 кБк/м^2), равняются 0,1 миллиона рублей на чел.-Зв. Для районов с уровнем загрязнения 20 Ки/км^2 (740 кБк/м^2) эти затраты возрастают примерно вдвое. При низких уровнях загрязнения затраты на единицу дозы резко возрастают (т. е. меры по переселению становятся экономически неэффективными).

Чувствительность анализа к параметрам затрат на переселение и на меры по улучшению условий жизни

Два наиболее чувствительных и неопределенных парамера анализа — это затраты на переселение и проведение мероприятий по улучшению условий проживания. Может оказаться, что затраты на переселение в Государственной программе будут относиться только к жителям, переселяемым во вновь сооружаемые поселки, где будет создаваться новая инфраструктура. Несколько меньшие затраты будут связаны с переселением в уже существующие населенные пункты, где могут понадобиться лишь затраты на дополнение существующей инфраструктуры. В связи с такой потенциальной неопределенностью исследовалась чувствительность затрат на единицу предотвращенной дозы к затратам на переселение. Помимо исходных затрат в размере 43 000 рублей предполагались единовременные затраты на одного человека, составляющие 20 000 и 30 000 рублей. Результаты анализа отражены в табл. 23 и на рис. 2-5 и 2-6 в Приложении 2 к данной Части для двух периодов (3 и 10 лет), в течение которых предполагается сохранение мер по улучшению условий проживания.

Снижение затрат на переселение оказывает значительное влияние на предельные затраты на единицу предотвращенной дозы при переселении. Этот эффект выражен более наглядно для случая, когда меры по улучшению условий жизни предполагается продолжить в течение 10 лет в отличие от 3-летнего периода (т. е. который предполагалось завершить после 1992 г.). В случае принятия мер по улучшению условий жизни в течение 10 лет получается двухкратное снижение предельных затрат на единицу предотвращенной дозы для снижения стоимости переселения с 42 до 30 тыс. рублей. Предельные затраты на единицу предотвращенной дозы в сумме около 60 тыс. руб./чел.-Зв связываются с критерием 40 Ки/км^2 (1480 кБк/м^2) и около 100 тыс.руб./чел.-Зв — с уровнем загрязнения около 20 Ки/км^2 (740 кБк/м^2). Более драматичный эффект получается при двухкратном снижении стоимости переселения до 20 тыс. руб. на человека при уменьшении предельных затрат, как правило, более чем в 10 раз. Предельные затраты в сумме около 7 тыс.руб./чел.-Зв связываются с переселением при уровне загрязнения 40 Ки/км^2 (1480 кБк/м^2) и около 50 тыс.руб./чел.-Зв при достаточно низком уровне загрязнения в 10 Ки/км^2 (370 кБк/м^2). Причины таких значительных снижений в затратах на переселение и улучшение условий жизни оказываются очень схожими; поэтому дополнительно предотвращенные дозы в результате переселения, хотя и не такие значительные, достигаются лишь при относительно небольших дополнительных затратах. Другими словами там, где затраты на переселение и улучшение условий жизни сравнимы между собой, там следует предпочесть переселение (допуская при этом, что затраты и риск для здоровья от радиации являются единственными исходными данными для принятия решения), поскольку переселение привело бы к очень значительному снижению дозы при фактически тех же затратах. Рассмотрение других факторов, помимо риска и затрат, может, конечно, изменить данную точку зрения. Неопределенность также связывается с затратами на улучшение условий жизни, а также с тем, каким образом примененные здесь величины выведены из Государственной программы. Поэтому чувствительность полученных результатов анализировалась применительно к затратам на улучшение условий жизни с коэффициентом в 2 раза выше и ниже по сравнению с исходными значениями. Эти результаты приводятся в табл. 24 и на рис. 2-7 и 2-8 в Приложении 2 к дан-

Таблица 23

Чувствительность предельных затрат на единицу дозы, предотвращенной в результате переселения, к затратам на переселение

Затраты на переселение одного жителя (в рублях)	43 000		30 000		20 000	
Критерий для переселения (Ки/км^2) (кБк/м^2) при загрязнении цезием[6]	**Предельные затраты[a] на единицу предотвращенной дозы (млн.руб. на чел.-Зв)** *Период, в течение которого продолжается проведение мер по улучшению условий проживания*					
	3года	10 лет	3 года	10 лет	3 года	10 лет
5 (185)	0,75	0,59	0,48	0,30	0,26	0,073
10 (370)	0,50	0,39	0,32	0,20	0,17	0,049
15 (555)	0,37	0,28	0,23	0,13	0,12	0,016
20 (740)	0,30	0,22	0,19	0,11	0,10	0,013
25 (925)	0,25	0,19	0,16	0,091	0,083	0,011
30 (1110)	0,21	0,16	0,13	0,078	0,072	0,010
35 (1295)	0,19	0,14	0,12	0,069	0,063	0,008
40 (1480)	0,14	0,11	0,090	0,053	0,048	0,006
60 (2220)	1,10	0,081	0,065	0,039	0,035	0,005
80 (2960)	0,081	0,064	0,051	0,031	0,027	0,004

[a] Предельные затраты оцениваются на основе исходных предположений в отношении затрат на улучшение условий проживания.

[6] Эти критерии можно преобразовать в другие величины, используя данные, приведенные в табл. 21.

ной Части вновь по двум периодам времени, в течение которых предполагается продолжить меры по улучшению условий жизни.

Меньшие затраты на улучшение условий жизни приведут к увеличению предельных затрат на единицу дозы, предотвращенной в результате переселения (и наоборот). Это является следствием того, что в результате переселения предотвращается одна и та же доза для всех случаев, но при больших относительных затратах, когда затраты на улучшение условий жизни становятся меньше. Точно также (если меры по улучшению условий жизни будут продолжаться в течение 10 лет) рост затрат на улучшение условий жизни в 2 раза снизил бы предельные затраты на единицу предотвращенной дозы в 5 раз в районах, где уровни загрязнения поверхности цезием-137 превышают 15 Ки/км^2 (555 кБк/м^2). При снижении затрат в 2 раза стоимость затрат на единицу предотвращенной дозы увеличилась бы примерно на 30%. Если допустить, что эти положения прекратят свое действие после 1992 г., то в результате получится несколько меньшая зависимость от затрат на улучшение условий жизни.

Из данных, приведенных в табл. 22–24 и на рис. 2–7 — 2–9 (Приложение 2), наглядно видно, что затраты на единицу предотвращенной дозы в результате переселения сильно зависят от затрат на переселение и улучшение условий жизни, а также от периода времени, в течение которого последнюю меру предполагается осуществлять. Та степень доверия, которую можно придать в настоящее время количественным показателям затрат и времени, будет сильно влиять на оптимальный выбор уровня переселения, во всяком случае с точки зрения эффективности использования затрат. Поэтому, надежность оценок затрат и период, в течение которого возможно продолжение мер по улучшению условий жизни, являются вопросами, оправдывающими такое тщательное исследование.

Таблица 24

Зависимость предельных затрат на единицу предотвращенной дозы при переселении от затрат на улучшение условий жизни[а, б]

Затраты на улучшение условий жизни	Исходные затраты[в]		Исходные затраты, умноженные на 2		Исходные затраты, деленные на 2	
Критерий для переселения (Ки/км^2) (кБк/м^2) при загрязнении[б]	**Предельные затраты на единицу предотвращенной дозы (в млн.руб./чел.-Зв)** *Период времени, в течение которого будут продолжены меры по улучшению условий жизни*					
	3года	10 лет	3 года	10 лет	3 года	10 лет
5 (185)	0,75	0,59	0,57	0,20	0,83	0,78
10 (370)	0,50	0,39	0,38	0,13	0,56	0,52
15 (555)	0,37	0,28	0,27	0,059	0,42	0,39
20 (740)	0,30	0,22	0,22	0,048	0,33	0,31
25 (925)	0,25	0,19	0,18	0,040	0,28	0,26
30 (1110)	0,21	0,16	0,16	0,035	0,24	0,23
35 (1295)	0,19	0,14	0,14	0,030	0,21	0,20
40 (1480)	0,14	0,11	0,11	0,023	0,16	0,15
60 (2220)	0,10	0,081	0,077	0,017	0,12	0,11
80 (2960)	0,081	0,064	0,060	0,014	0,091	0,089

[а] Предельные затраты оценивались на основании исходных предположений в отношении затрат на переселение.

[б] Исходные затраты на улучшение условий жизни являются "единовременными" затратами из расчета 4300 руб. на человека плюс годовые затраты на человека из расчета 1250 руб. (при уровне <15 Ки/км$^{2-}$ (555 кБк/м^2)) и 1430 руб. (при уровне >15 Ки/км^2 (555 кБк/м^2)).

[в] Эти критерии можно преобразовать в другие велечины, используя данные в табл. 21.

Анализ "затраты-польза" для периода после претворения в жизнь Государственной программы на 1990-1992 гг.

Предыдущие оценки предельных затрат на единицу предотвращенной дозы в зависимости от уровня загрязнения, при котором осуществляется переселение, строго говоря относились ко времени до начала претворения этой программы в жизнь. Поскольку программа уже претворяется в жизнь, оценки уже несколько другие, так как некоторая часть затрат на улучшение условий жизни относится к уже сделанным "единовременным" затратам и не может быть восполнена; в таких случаях переселение как альтернатива продолжению мер по улучшению условий жизни было бы менее эффективно с точки зрения затрат, т. е. привело бы к более высоким значениям предельных затрат на единицу предотвращенной дозы.

Размеры такого увеличения можно проследить по табл. 25, где для анализа обстановки до текущего этапа претворения программы и после ее завершения (т. е. на конец 1992 г.) дается сравнительная оценка затрат на единицу предотвращенной дозы. В обоих случаях затраты на переселение и улучшение условий жизни оказались такими же, как и значения использованных ранее основных затрат, а меры по улучшению условий жизни предполагалось продолжить в течение 10 лет. Предельные затраты на предотвращенную дозу в результате переселения увеличиваются примерно на 20-30% для оценки, предпринятой после претворения в жизнь Государственной программы, в отличие от тех оценок, которые были сделаны до начала ее претворения. Хотя это увеличение и незначительное, однако оно указывает, что если необходимо вводить переселение, то его

Таблица 25

Сравнительная оценка предельных затрат на единицу дозы, предотвращенной при переселении, до и после претворения в жизнь Государственной Программы на 1990-1992 гг.

Критерий переселения (Ки/км^2) (кБк/м^2)[б]	Предельные затраты[а] на единицу предотвращенной дозы (в млн.руб./чел.-Зв)	
	До претворения программы	После претворения программы
5 (185)	0,62	0,79
10 (370)	0,41	0,53
15 (555)	0,29	0,38
20 (740)	0,24	0,31
25 (925)	0,20	0,26
30 (1110)	0,17	0,22
35 (1295)	0,15	0,20
40 (1480)	0,12	0,15
60 (2220)	0,085	0,11
80 (2960)	0,067	0,087

[а] Предельные затраты оценивались на основании исходных предположений в отношении затрат на переселение и улучшение условий жизни; последняя мера берется из расчета на 10 лет.

[б] Эти критерии могут быть преобразованы в другие величины при использовании данных, приведенных в табл. 21.

следует предпринимать по мере появления возможности; в противном случае значительные "единовременные" капиталовложения на улучшение условий жизни для жителей районов, которых в последующем необходимо переселять, будут частично потрачены впустую.

Зависимость затрат на единицу предотвращенной дозы при переселении относительно соотношения между дозой внутреннего облучения и поверхностным загрязнением цезием

Все вышеуказанные оценки по затратам на единицу предотвращенной дозы при переселении производились на основе среднего соотношения между плотностью загрязнения цезием на поверхности земли и дозой. В этом соотношении могут произойти значительные изменения применительно, в частности, к дозе внутреннего облучения, что зависит от состояния почвы и принятой сельскохозяйственной практики. В приведенных данных [30] о количестве населенных пунктов в одном конкретно взятом районе показано, что соотношение между дозами внутреннего и внешнего облучения (без контрмер) изменялось примерно от единицы до 15. Интересно проанализировать степень, с которой такое изменение смогло бы внести поправки в затраты на единицу предотвращенной дозы, которые оценивались на основе среднего соотношения между дозой и уровнем загрязнения. Изменения в величине предельных затрат на единицу предотвращенной дозы при переселении приведены в табл. 26 для нескольких плотностей загрязнения и для нескольких принятых значений соотношения между дозами внутреннего и внешнего облучения. Для простоты расчетов предельные затраты на единицу предотвращенной дозы оценивались при условии, что улучшение условий жизни не предусматривается.

Из табл. 26 наглядно видно, что предельные затраты достаточно чувствительны к соотношениям между дозами внутреннего и внешнего облучения и, в частности, в большей степени к соотношению между дозой внутреннего облучения и плотностью загрязнения. Для нескольких проанализированных соотношений предельные затраты на единицу предотвращенной дозы изменялись в пределах от 5 до 10 раз, причем точное значение зависело от плотности загрязнения. Такой потенциально широкий диапазон изменений является наглядным свидетельством, что при определении любой политики переселения следует в полной мере принимать в расчет изменения местных условий, в особенности там, где такие изменения значительно отличаются от средних значений. При таких изменениях ясно, что рассуждения об "оптимальности" на основе средних параметров могут быть "оптимальными" выводами, а могут и не быть таковыми, когда в расчет берутся местные условия. Такой анализ также подтверждает первоначальные наблюдения, что как количественный показатель пределы уровня загрязнения могут использоваться в качестве критерия для переселения.

Вышеуказанная оценка рассматривает лишь влияние местных факторов в той степени, в которой они воздействуют на величину доз, и следовательно нуждается в дальнейшей модификации. Значительные изменения могут также произойти в финансовых затратах и расходах на социальную сферу для различных защитных мер в раз-

Таблица 26

Зависимость предельных затрат на единицу предотвращенной дозы при переселении от соотношения между суммарной дозой и плотностью загрязнения

Критерий переселения ($Ки/км^2$) ($кБк/м^2$) при загрязнении цезием[б]	Предельные затраты[а] на единицу предотвращенной дозы (в млн.руб./чел.-Зв) *Соотношение между внутренней и внешней дозой для указанной плотности загрязнения, К*			
	К = 1	К = СЗ	К = 4	К = 15
5 (185)	2,3	1,14	0,90	0,28
15 (555)	0,75	0,49	0,30	0,19
40 (1480)	0,28	0,20	0,11	0,05

[а] Предельные затраты на переселение оценивались на основе упрощенного подхода, что никаких мер по улучшению условий жизни применяться не будет.

[б] Данные критерии можно преобразовать в другие величины, пользуясь при этом данными, приведенными в табл. 21.

ных населенных пунктах, и очень важно, чтобы эти аспекты принимались в расчет наряду с различными дозиметрическими показателями. Как указывалось в самом начале, важной составляющей настоящей оценки является изучение "надежности" анализа, проведенного на основе усредненных показателей путем анализа в отношении специально отобранных населенных пунктов. Однако сделать это оказалось невозможным из-за несвоевременного предоставления требуемых данных. Ограниченные результаты, представленные выше, даже принимая в расчет лишь дозиметрические аспекты, показывают важность проведенного анализа для определения степени пересмотра любой разработанной политики общего характера с учетом местных условий.

Оценка предельных затрат на единицу предотвращенной дозы в результате переселения

Выводы о том, что же представляет собой оптимальный уровень вмешательства при переселении (предполагая, что единственными исходными данными для этого являются затраты на переселение и дозы, которые оно при этом предотвратит), зависят от размера затрат на единицу предотвращенной дозы. В разных странах и для различных условий обстановки для таких целей выделяются различные средства. Некоторые из них приведены в табл. 27 [31-35].

Для оценки затрат на чел.-Зв, включая, среди прочих, желание производить выплаты для избежания риска и исходя из соображений "человеческого капитала", использовались самые разнообразные методы. Пока что не существует полного согласия о наилучшем подходе; однако, так называемый подход "человеческого капитала" наиболее широко используется как в вопросах радиационной защиты, так и при выделении средств на повышение безопасности в других сферах. С самого начала многие из значений затрат на чел.-Зв были включены в табл. 27. В Приложении 2 оценки затрат на чел.-Зв в СССР даются с учетом такого гуманного подхода; принятая методология гораздо шире по сравнению с [33]. Основные затраты в сумме около 5 тыс. рублей на чел.-Зв оценивались как соответствовавшие облучению при малых уровнях индивидуальной дозы. Из табл. 24 и 25 можно видеть, что в общем виде затраты на предотвращенный чел.-Зв намного превышают это исходное значение. Только в том случае, если затраты на переселение берутся значительно ниже, чем это предусмотрено Государственной программой, предельные затраты на переселение приближаются к этому значению.

Рост основных затрат был бы уместен при облучении до более высоких уровней дозы с тем, чтобы предусмотреть большую возможность снижения более высоких степеней индивидуального риска. Несмотря на ясное признание того,

Таблица 27

Оценка затрат, выделяемых на единицу коллективной дозы

	Затраты на единицу дозы (денежн. ед./чел.-Зв)	
	(в денежн.ед. стран)	(в долл. США)
КЯР США[а]	100 000 долл.США	100 000
НСРЗ Великобритании[б]	5000 фунт.ст.	~10 000
ЦИРЗ[в, г]	10 000 фр.фр.	~ 1 800
	30 000 фр.фр.	~ 5 400
Страны Сев. Европы[д]	20 000 долл.США	20 000
МАГАТЭ[е]	3000 долл.США	3 000

[а] КЯР США (Комиссия по ядерному регулированию США) предложила использовать указанное значение для оценки эффективности затрат на меры по снижению выбросов радиоактивных эффлюентов из легководных реакторов (ЛВР), принимая в расчет при ее использовании только коллективную дозу, которая возникает на расстоянии 50 миль (примерно 80 км) от места выброса (т.е. в общем виде только небольшая часть общей коллективной дозы). См. [31].

[б] Национальный совет по радиационной защите (Великобритания) обосновывает это значение гуманными соображениями. Исходные значения сведены в таблицу и предназначены для применения к малым индивидуальным дозам; для более высоких доз это значение должно увеличиваться путем умножения на переменный множитель, величина которого зависит от уровня дозы. См. [32].

[в] ЦИРЗ (Центр по изучению и оценке защитных мер в ядерной области) обосновывает это значение гуманными соображениями. Исходная величина — 10 тыс. франц.франков применяется для малых индивидуальных доз. См. [33].

[г] Указанное значение применяется к индивидуальным дозам, которые составляют значительную долю пределов дозы. См. [33].

[д] Эти значения рекомендованы четырьмя Институтами радиационной гигиены стран Северной Европы. См. [34].

[е] Данное значение рекомендовано как минимальный показатель для использования в случае выбросов радиактивности, ведущих к трансграничным облучениям при малых уровнях дозы. См. [35].

что при принятии практических решений должно учитываться неприятие риска, тем не менее отсутствует согласие, каким образом это можно сделать наилучшим образом. Неизбежно то, что на степень неприятия любого риска будут влиять самые различные соображения, а не только уровень самого риска; источник риска и отношение к нему со стороны большего числа людей будут иметь решающее значение. В отсутствие согласия по данному вопросу и учитывая изменчивость степени неприятия, проявляемого к различным источникам риска в разных странах, невозможно дать определенную оценку данному аспекту. Вместо этого для иллюстрации потенциальной значимости этого аспекта при принятии решения о переселении был выполнен анализ чувствительности. Метод, с помощью которого неприятие риска было учтено в таком анализе, изложен в Приложении 2, а исследованная степень неприятия выбиралась исходя из достаточно широкого диапазона факторов, которые предлагались или использовались в различных местах. Такой выбор факторов, однако, делать не следовало из предположения, что какие-то другие степени неприятия риска не подходят для данного случая, а подходить может только то, что определяется конкретными рассматриваемыми обстоятельствами.

При учете неприятия риска затраты, выделенные на единицу коллективной дозы, увеличатся на сумму, зависящую от уровней встречающихся доз и принятой степени неприятия риска. Для самой большой степени неприятия, которая анализируется в Приложении 2, затраты, выделяемые на единицу дозы, увеличиваются до суммы примерно 100 000 рублей на чел.-Зв для доз, связанных с вмешательством при уровне загрязнения около 100 Ки/км^2 (3700 кБк/м^2). При уровнях вмешательства 40 и 10 Ки/км^2 (1480–370 кБк/м^2) эта сумма уменьшится и достигнет соответственно 30 000 руб. и 10 000 руб. на чел.-Зв. Сравнительная оценка этих значений с предельными затратами показана в табл. 24 и 25. Ясно, что при рассмотрении затрат на защитные меры, приведенных в Государственной программе, переселение было бы оправдано (с учетом ограничений данного анализа) лишь при уровнях загрязнения, превышающих примерно 80 Ки/км^2 (2960 кБк/м^2).

Переселение могло бы быть оправдано при более низких уровнях загрязнения, если бы затраты на переселение и улучшение условий жизни значительно отличались от тех значений, которые использованы в Государственной программе. Если бы затраты на переселение снизить до 30 000 руб. на человека, то уровень, при котором переселение было бы оправданным, пони-

зился бы примерно до 60 Ки/км^2 (2220 кБк/м^2); а если взять затраты из расчета 20 000 руб. на человека, то этот уровень снизился бы до величины около 20 Ки/км^2 (740 кБк/м^2). Эти результаты также говорят о важности получения надежных оценок затрат на осуществление защитных мер. Надежность использованных в анализе данных по затратам на осуществление защитных мер дает гарантию получения более точных результатов, однако этот вопрос уже выходит за рамки настоящего исследования.

Обобщая приведенный анализ "затраты-польза", можно сказать, что продолжение переселения людей, все еще живущих в загрязненных населенных пунктах, не может быть оправдано (при условии, что затраты на переселение и связанное с ним снижение риска являются единственными факторами, использованными при принятии решения). В этом контексте принятие более жесткого критерия по сравнению с тем, который установлен в настоящее время и равен 40 Ки/км^2 (1480 кБк/м^2), не может быть оправдан. С другой стороны, можно привести достаточно убедительные аргументы экономического характера в пользу ослабления такого критерия. Даже если принять в расчет неприятие риска, то обстановка не изменится, если затраты на переселение и улучшение условий жизни не будут значительно изменены по сравнению с цифрами, указанными в Государственной программе [9]. Переселение при более низких уровнях могло бы быть оправдано только тогда, когда фактическая степень неприятия риска намного превосходит те уровни, которые приведены в Приложении 2 и исследованы в настоящей работе. Этого нельзя исключить, учитывая беспрецедентные масштабы чернобыльской аварии и многочисленные и разнообразные стрессы, которые испытывают те, кто непосредственно пострадал от аварии, их представители и органы власти различного уровня, отвечающие за улучшение создавшейся обстановки. Эти аспекты исследуются более подробно в следующем разделе.

Необходимо отметить также, что результаты анализа "затраты-польза" применимы лишь к средним значениям. Для населенных пунктов, в которых радиационные, социальные и экономические условия значительно отличаются от средних значений, могут быть получены другие выводы. Для определения надежности приведенных здесь результатов следует провести дополнительные исследования по отдельным населенным пунктам.

4.5.5. Выявление и оценка других факторов, относящихся к принятию решения о переселении

4.5.5.1. Введение

После аварии на атомной станции с выходом последствий за пределы ее площадки основная цель состоит в ограничении и снижении дозы. В процессе выработки критериев для защитных мер лицу, принимающему решение, придется действовать в условиях экономической и политической скованности, когда потребуется проводить в жизнь планы восстановительных работ с учетом приемлемости и обоснованности приоритетов и критериев, используемых для восстановительных работ [36, 37].

С самого начала планирования Проекта было понятно, что для оценки защитных мер, принятых в Советском Союзе, придется учитывать не только аспекты радиационной защиты. На принятие решения, помимо всего прочего, будут оказывать влияние также социальные и политические факторы. Поэтому для рассмотрения и учета данных факторов описание Проекта после его утверждения Международным консультативным комитетом включало использование методов многокомпонентного анализа при принятии решений. По мере работы над Проектом постепенно прояснялись требования к характеру использования этих методов, пока не было решено провести четыре конференции по принятию решений, по одной в каждой из республик: Украинской ССР, Белорусской ССР, РСФСР и одной на союзном уровне. Эти конференции по принятию решений ставили перед собой следующие цели:

— обеспечить создание структурной системы по ряду проблем, относящимся к аварии на Чернобыльской АЭС, по которым требуется принятие решения, и таким образом внести ясность и пролить свет на эти вопросы;
— обобщить и подытожить для Международного чернобыльского проекта ключевые социально-экономические и политические факторы, которые совместно с физическими, радиологическими и медицинскими факторами оказывают влияние на переселение и проведение защитных мер в республиках;
— проиллюстрировать использование и потенциальные преимущества методов формального анализа решений и способов коллективной

выработки решений для разрешения сложных вопросов.

Вслед за этим была проведена пятая Конференция по принятию решений, на которой встретились участники предыдущих конференций и разработали итоговую обобщенную модель, отражающую главные вопросы и нерешенные проблемы. Подробное описание конференций по принятию решений изложено в Приложении 3.

4.5.5.2. Общие выводы Конференций по принятию решений

Задачи, поставленные перед участниками конференций по принятию решений, были в целом решены. С применением аналитических методов принятия решений была разработана принципиальная схема по принятию решений относительно переселения, что позволило внести ясность и дать реальную оценку большинству из спорных вопросов. В итоге на каждой из конференций было достигнуто принципиальное согласие в отношении структуры модели по принятию мер, оценочных критериев, которые должны быть приняты, и общих принципов переселения, которые должны рассматриваться.

Применение данной модели позволило участникам Проекта получить ценную информацию о том, какая значимость придается в СССР различным факторам, связанным с разработкой политики переселения. Кроме того, она продемонстрировала целый ряд реальных преимуществ методов анализа, касающихся принятия решений на официальном уровне, а также методов организации конференций по принятию решений с целью обсуждения важных вопросов. В результате обсуждений было определено, что ключевыми проблемами являются прежде всего: приемлемость мер для населения и возможные стрессовые нагрузки, связанные с принятием этих мер. Затраты на введение мер и их реальная действенность, с точки зрения снижения риска, рассматривались как второстепенные факторы. Был также сделан вывод о том, что любая будущая стратегия по этой проблеме должна прежде всего основываться на ее приемлемости для населения, учитывая отсутствие доверия, а также большое количество распространяемой дезинформации и ложных слухов среди населения. Гораздо большая значимость придается факторам приемлемости мер для населения и стрессовым нагрузкам, нежели затратам на принятие мер и снижение риска; именно этим можно объяснить весьма высокие затраты на единицу предотвращенной дозы, предлагаемые данной стратегией переселения (см. раздел 4.5.4).

Задачей данной части Проекта явилось, главным образом, определение и детализация тех факторов (помимо затрат и снижения уровня риска), которые, по-мнению компетентных органов СССР, должны были приниматься во внимание при принятии решения о переселении, а также получить информацию о том, какое значение придается каждому из них. Участники Проекта не ставили перед собой задачу анализа данных вопросов. Дело в том, что такой анализ выходил за рамки проводимых исследований и потребовал бы значительно больших затрат. К тому же, данные проблемы относятся, по-видимому, к компетенции официальных органов СССР, которые могут лучше понять и уравновесить часто противоречивые мнения и взгляды населения загрязненных районов. Однако, по результатам непродолжительных визитов участников Проекта в пострадавшие населенные пункты, а также совещаний с компетентными органами на различных уровнях стало ясно, что ключевым вопросом в проблеме восстановления спокойствия и нормальных условий проживания в загрязненных районах является вопрос доверия населения к проводимой стратегии мер по безопасности.

4.5.6. Выводы в отношении переселения

Выработка критериев по переселению, необходимых в случаях крупномасштабных аварий на АЭС, представляет собой очень сложную проблему в связи с тем, что в данной ситуации необходимо учитывать множество факторов как социального, так и радиологического характера. МАГАТЭ и МКРЗ рекомендовали общие принципы подхода к данной проблеме, которые следует принимать за основу при принятии решения о переселении населения. Однако, до аварии на ЧАЭС данные принципы не имели практического использования. Более того, масштаб аварии выдвинул целый ряд неизученных проблем. Вполне естественно, что при данных обстоятельствах в СССР были приняты эволюционные подходы к разработке и практическому применению критериев переселения. Выводы данного анализа (в частности, на основе непосредственного сопоставления советских критериев с международными) следует рассматривать в контексте меняющейся ситуации как в мире, так и в СССР.

4.5.6.1. Основы концепции и соответствующая терминология

Основы, на которых базировались критерии переселения, принятые компетентными органами, не полностью соответствуют существующим международным рекомендациям. Это, тем не менее, вовсе не означает, что принятые количественные критерии являются неверными. Кроме того, существовали концептуальные и терминологические расхождения между заинтересованными сторонами (включая местные и центральные власти), что оказало влияние на многие из существующих проблем. Наиболее важные вопросы изложены ниже.

(а) Применение неточной терминологии и расхождения в понимании и/или неправильная интерпретация ряда основных принципов и концепций радиационной безопасности как со стороны научных сообществ, так и других организаций стали источником замешательств и разногласий в СССР. Все это, наряду со значительными задержками в разработке политики и налаживании эффективной связи, стало причиной невозможности достичь широкого консенсуса в отношении политики переселения. Более того, это привело к потере доверия населения пострадавших районов к мерам, принимаемым в его же интересах.

(б) Еще более серьезной проблемой явились различия в понимании (либо неправильная интерпретация) происхождения и целей понятия "пределы доз", рекомендуемого международными организациями для контроля планируемого увеличения облучения, а также уровней дозы, при которых требуется вмешательство с целью уменьшения облучения. Уровни доз сами по себе не могут являться критериями для осуществления вмешательства после аварии. Доза, предотвращенная при переселении, является той величиной, которую можно использовать для оценки преимуществ переселения с радиологической точки зрения, и, там где это возможно, эта величина должна использоваться в качестве основы для количественного критерия.

Нет оснований полагать, что именно соображения относительно предотвращенной дозы являлись основополагающими при выработке всех критериев, предложенных компетентными органами. За основу при определении критериев могут быть взяты другие величины, которые являются заменителями предотвращенной дозы, такие, как, например, уровень загрязненности, годовая доза, доза, полученная в течение всей жизни, мощность дозы и т. д. Некоторые из них использовались в СССР, при этом каждая величина имеет как преимущества,так и недостатки. В частности, уровень поверхностного загрязнения как правило не используется для оценки уровня доз, т. к. в каждом конкретном случае имеется большая зависимость от типа почвы и потребляемых населением пищевых продуктов.

Нет оснований полагать, что компетентные органы (при определении политики переселения) уделили должное внимание отрицательным аспектам, связанным с переселением. Исследования, проведенные в других областях, свидетельствуют о том, что массовые переселения приводят к снижению продолжительности жизни людей (что связано со стрессом и изменениями образа жизни) и к ухудшению условий жизни в новых населенных пунктах.

При принятии понятия "доза в течение всей жизни" в качестве основного критерия для переселения было бы неверно учитывать дозы, полученные в прошлом. Вмешательство может снизить риск возможных заболеваний пропорционально величине предотвращенных доз, но никак не может влиять на величину доз, полученных в прошлом. Для уровней доз, находящихся ниже порога детерминистских эффектов, было бы неправильным, и это противоречило бы принципам вмешательства, учитывать дозы, полученные в прошлом. Однако, в ряде случаев следует учитывать общую дозу, как прошлую, так и будущую, например, при оценке необходимости расширения долгосрочной медицинской помощи и обслуживания людей, облучившихся в результате аварии.

Консервативный подход (т. е. переоценка реальной опасности) при оценке доз для населения, проживающего в загрязненных районах, на том основании , что это делалось именно в интересах населения, был неверным в принципе и противоречил основным целям вмешательства. Это имело два негативных последствия. Во-первых, завышенная оценка реальной радиологической опасности для людей, оставшихся проживать на загрязненных территориях, вызвала среди населения необоснованное беспокойство и дополнительный нервный стресс. Во-вторых, и это еще более важно, некоторые люди будут переселены без наличия на то каких-либо серьезных причин.

4.5.6.2. Критерии и их применение

Средние уровни индивидуальной дозы в течение всей жизни, которые могли бы быть предот-

вращены в результате переселения, обусловленного критерием 350 мЗв или 40 Ки/км^2 (1480 кБк/м^2), имеют тот же порядок величины, что и дозы, получаемые при естественном радиоактивном фоне.

Нет никакой уверенности в том, что население и те официальные лица, настаивающие на принятии экстренных мер, отдают себе отчет в том, что уровни доз, предотвращенных в итоге переселения, весьма умеренны. Дополнительный риск облучения, составляющий величину 1 на 10 000 в год для человека, оставшегося проживать в загрязненном районе, является предельным по сравнению с риском, которому человек подвергается в естественных условиях проживания, и не может браться за основу при принятии решения о такой радикальной мере, как переселение.

Если рассматривать только вопросы затрат и снижения риска, то нет практически никаких оснований (если они вообще существуют) для принятия более жестких мер, нежели те, которые предусмотрены Государственной программой, в которой за основу берется величина 40 Ки/км^2 (1480 кБк/м^2). Действительно, имеются все основания для проведения менее жесткой политики переселения, т. е. для повышения уровней вмешательства.

Планируется переселить гораздо большее число людей, чем тех, которые проживают в районах с уровнем загрязнения более 40 Ки/км^2 или 1480 кБк/м^2; при этом величина предотвращенных доз, полученная в результате их переселения, будет существенно ниже предполагаемой. Это означает, что в реальной практике используются жесткие критерии.

На стратегию переселения больше влияют другие факторы, нежели снижение величины затрат и риска. В частности, крайне важными являются проблемы необходимости восстановления доверия населения, которое по различным причинам было утрачено в течение последних пяти лет. Необходимо успокоить население и вернуть его доверие к стратегии переселения. При пересмотре политики переселения компетентные органы уделяют этим вопросам большее внимание, чем проблемам радиологической защиты. Этим и объясняется выбор стратегии переселения. Однако, определение относительной значимости этих различных факторов является прерогативой официальных властей.

Дальнейшие изменения в политике переселения будут наверняка определяться с позиции результатов уже предпринятых мер. Независимо от преимуществ и технической оправданности предлагаемых перемен в политике переселения, их введение будет связано с большими трудностями, особенно в части смягчения ранее принятых критериев. Более умеренная политика переселения (т. е. использование более высоких критериев вмешательства), по-видимому, будет иметь негативный результат, учитывая крайне неудовлетворительные условия проживания в загрязненных районах. Принятие более щадящей политики при переселении не оправдано с позиции радиологической защиты в том случае, если за основу берутся лишь аспекты снижения затрат и степени риска. Это абсолютно неприемлемо, за исключением тех случаев, когда во главу угла ставятся гораздо более серьезные проблемы социального характера.

Литература

[1] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Revised Guidance on the Principles for Establishing Intervention Levels for the Protection of the Public in the Event of a Nuclear Accident or Radiological Emergency, IAEA-TECDOC-473, Vienna (1988).

[2] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Radiation Protection Principles for Sources not Under Control: Their Application to Accidents, IAEA, Vienna (in preparation).

[3] INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION, Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, ICRP Publication 60, Pergamon Press, Oxford and New York (1991).

[4] INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION, Protection of the Public in the Event of Major Radiation Accidents: Principles for Planning, ICRP Publication 40, Pergamon Press, Oxford and New York (1984).

[5] LINGE, I.I., Statement on intervention levels on dose and derived intervention levels for foodstuffs, Institute of Biophysics, Moscow, 21 January 1991.

[6] IL'IN, L.A., Policy of the USSR National Commission on Radiation Protection on the Substantiation of Temporary Annual Dose Limits for Public Exposure due to the Chernobyl Accident, submitted by the USSR delegation to the 38th session of UNSCEAR, 1989.

[7] KONDRUSEV, A.I., Dose limits for the public for 1988 and 1989 pursuant to the accident at the Chernobyl nuclear power plant, 18 July 1988 (translated from Russian).

[8] IL'IN, L.A., Statement on the lifetime dose limit concept, Institute of Biophysics, Moscow, 21 November 1990.

[9] SUPREME SOVIET OF THE USSR, All-Union State and Republican Programme for the Rectification of the Consequences of the Chernobyl Accident, 1990–1992, Moscow, 1990 (in Russian).

[10] MINISTRY OF HEALTH OF THE USSR, Rep. SP-AES-79, Moscow (1979) (in Russian).

[11] ZAICHENKO, A.I., Temporary permissible radioactive contamination levels for various items, 7 May 1986 (translated from Russian).

[12] ZAICHENKO, A.I., Temporary permissible radioactive contamination levels for soil, roads, and the external and internal surfaces of buildings after decontamination work, 12 June 1986 (translated from Russian).

[13] ZAICHENKO, A.I., Temporary permissible radioactive iodine content (^{131}I) in drinking water and food products during accident cleanup operations, 6 May 1986 (translated from Russian).

[14] ZAICHENKO, A.I., Temporary permissible levels for radioactive substances contained in food products, drinking water and medical herbs, 30 May 1986 (translated from Russian).

[15] PEPENKOV, V.S., ZAICHENKO, A.I., Temporary permissible levels for radioactive substances contained in fruit and vegetables preserves, 19 September 1986 (translated from Russian).

[16] ZAICHENKO, A.I., Temporary permissible levels for total content of the radionuclides caesium-134 and caesium-137 in food products and drinking water (VDU-88), 15 December 1987 (translated from Russian).

[17] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Principles for Establishing Intervention Levels for the Protection of the Public in the Event of a Nuclear Accident or Radiological Emergency, Safety Series No. 72, IAEA, Vienna (1985).

[18] BULDAKOV, L.A., Statement on intervention levels of doses for evacuation and thyroid blocking, Institute of Biophysics, Moscow, 3 January 1991.

[19] COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES, Derived Reference Levels as a Basis for the Control of Foodstuffs following a Nuclear Accident. A Recommendation from the Group of Experts, CEC, Brussels (1986).

[20] FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, Joint FAO/WHO Food Standards Programme, Codex Alimentarius Commission, Proposed FAO/WHO Levels for Radionuclide Contamination of Food in International Trade, Rep. CX/FAC 89/17, FAO, Rome (1989).

[21] AVERIN, V., Institute of Agricultural Radiology, Gomel, BSSR, personal communication, 1990.

[22] STRAND, P., et al., "Measures introduced in Norway after the Chernobyl accident: A cost-benefit analysis", Environmental Contamination Following a Major Nuclear Accident (Proc. Symp. Vienna, 1989), Vol. 2, IAEA, Vienna (1990) 192.

[23] INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION, Limits for Intakes of Radionuclides by Workers, ICRP Publication 30, Pergamon Press, Oxford (1979).

[24] DEMIN, V., personal communication, November 1990.

[25] BURIAK, V., personal communication, October 1990.

[26] LINGE, I.I., personal communication, October 1990.

[27] LINGE, I.I., et al., "Statistical features of irradiation following the Chernobyl accident", Statistics of Human Exposure to Ionising Radiation (Proc. CEC Workshop Oxford, 1990) (in preparation).

[28] UNITED NATIONS, Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation (Report to the General Assembly), Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR), UN, New York (1988).

[29] LINGE, I.I., Dose related distribution of population from contaminated areas (>5 Ci/km^2 of ^{137}Cs), Institute of Biophysics, USSR Ministry of Health, Moscow (1990).

[30] LINGE, I.I., personal communication, November 1990.

[31] UNITED STATES NUCLEAR REGULATORY COMMISSION, Code of Federal Regulations 10 CFR 20, Appendix I, Guidance on the Reduction of Effluents from Light Water Reactors, USNRC, Washington, DC (1975).

[32] ROBB, J.D., WRIXON, A.D., Revised Estimates of the Monetary Value of Collective Dose, Rep. NRPB-M157, National Radiological Protection Board, Chilton, UK (1989).

[33] LOMBARD, J., Proposition for Reference Values for the Cost of the Man Sievert, Rep. CEPN-175, Centre d'étude sur l'évaluation de la protection dans le domaine nucléaire, Fontenay-aux-Roses (1990).

[34] Statement from the Heads of the Nordic Institutes of Radiation Hygiene, Stockholm, 26 January 1987.

[35] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Assigning a Value to Transboundary Radiation Exposure, Safety Series No. 67, IAEA, Vienna (1985).

[36] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Techniques and Decision Making in the Assessment of Off-Site Consequences of an Accident in a Nuclear Facility, Safety Series No. 86, IAEA, Vienna (1987).

[37] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Principles and Techniques for Post-Accident Assessment and Recovery in a Contaminated Environment of a Nuclear Facility, Safety Series No. 97, IAEA, Vienna (1989).

Приложение 1

Международные принципы вмешательства после радиационной аварии

Настоящее Приложение является во многом выдержкой из проекта публикации МАГАТЭ, в котором устанавливаются принципы защиты профессиональных работников и населения в случае радиационной аварии. В настоящем документе рассмотрение последствий аварии ограничивается теми аспектами, которые связаны с защитой населения.

1–1. Введение

В большинстве ситуаций, когда возникает необходимость установления контроля над дозами облучения, получаемыми людьми, можно установить контроль над источником излучения. Очевидно, что так оно и есть во всех случаях облучения в медицинских целях, а также профессионального облучения в результате промышленного производства, использующего радиоактивные источники. Для контроля облучения отдельных лиц из числа населения в этих ситуациях достаточно контролировать источник излучения и нет необходимости ни в каких ограничениях или изменениях деятельности людей, кроме ограничения доступа на площадки. Контроль облучения работников обычно потребует сочетания физического контроля над источником и административного контроля, применяемого по отношению к работникам, но тем не менее связанного с источником.

Имеется, однако, небольшое число ситуаций, при которых источник излучения не поддается контролю обычно потому, что радиоактивные вещества уже рассеяны в окружающей среде или находятся в процессе рассеивания. Контроль над источником либо невозможно было установить, либо он был утрачен на время. Двумя наиболее простыми примерами таких ситуаций являются облучение в результате естественного присутствия радионуклидов в окружающей среде и облучение в результате выброса радионуклидов после ядерной аварии. Даже если контроль над первичным источником после ядерной аварии будет, возможно, восстановлен достаточно быстро, радиоактивные вещества, уже рассеянные в окружающей среде, все равно будут представлять неконтролируемый вторичный источник.

Ранее образовавшиеся или неконтролируемые источники излучения четко делятся на две группы: те, которые уже существуют в момент рассмотрения процедур контроля, и те, которые могут появиться в будущем. Ранее образовавшиеся источники обусловлены радиоактивными веществами или излучением, естественно присутствующими в окружающей среде или образовавшимися в результате прошлой деятельности человека. К примерам первого случая относится наличие калия-40 в пищевых продуктах и, следовательно, в организме человека, космическая радиация, наличие радона и радиоактивных полезных ископаемых в земле. К последним относятся результаты использования человеком как естественных, так и искусственных радиоактивных веществ, примерами которых являются радиоактивные выпадения при испытании ядерного оружия, радиоактивные отходы, ранее выброшенные в окружающую среду, аварийные выбросы в окружающую среду в прошлом и грунт, вынутый при горных разработках. Контроль облучения от какого-либо из этих источников требует принятия решений в зависимости от ситуаций в том виде, в каком они существуют в данное время, без возможности влияния на первоначальную причину. Невозможно сделать какие-либо детальные прогнозы по источникам, которые могут появиться в будущем, но похоже, что основные принципы, изложенные в настоящем документе, охватывают довольно большой диапазон возможностей и могут быть применимы и к будущим источникам.

Общим знаменателем всех ситуаций, в которых задействованы ранее образовавшиеся или неконтролируемые источники, является то, что дозы облучения могут быть снижены только посредством такого вмешательства, при котором требуется введение ограничений или изменение образа жизни людей или, по крайней мере, перераспределение ресурсов. Таким образом, при изложении настоящих основных принципов показалось уместным на концептуальном уровне рассматривать все эти ситуации одинаковым образом, даже хотя более детальные соображения, приводящие к рекомендациям по способам определения уровней вмешательства и сами уровни вмешательства, более удобно рассматривать отдельно для каждого типа ситуаций.

1-2. Основные принципы ограничения доз

1-2.1. Нормальные условия работы

Полная система ограничения доз, рекомендованная Международной комиссией по радиологической защите (МКРЗ) в своей публикации № 26 [2] и включенная в Основные нормы безопасности при радиационной защите МАГАТЭ, опубликованные в 1982 году [3], применяется к излучениям, возникающим от контролируемых источников излучения при нормальных условиях работы.

Самым эффективным способом контроля над излучением является контроль за самим источником. Для такого случая МКРЗ рекомендует, чтобы осуществление деятельности, частью которой является этот источник, было обосновано. Это означает, что осуществление этой деятельности должно принести больше пользы, чем вреда (обоснованность деятельности). МКРЗ также рекомендует в качестве дополнительного требования так отрегулировать контроль над источником излучения, чтобы дозы облучения, возникающие в результате этой деятельности, были снижены до разумного, практически достижимого уровня, учитывая при этом экономические и социальные факторы (оптимизация защиты). Более того, ради предотвращения чрезмерного риска для отдельных людей суммарные дозы, получаемые отдельными лицами из числа населения в результате определенных видов деятельности человека, связанных с использованием радиоактивных веществ, или отдельными работниками в результате профессионального облучения, должны быть ниже соответствующего предельного значения (ограничение дозы для отдельных людей).

1-2.2. Ситуации, при которых вводятся меры вмешательства

Для того, чтобы применить систему ограничения доз к ранее образовавшимся или неконтролируемым источникам излучения, надо осуществить пересмотр относительной важности и применимости трех основных принципов. Необходимо обосновать контрмеры, образующие программу вмешательства, в том смысле, что вмешательство следует проводить только тогда, когда оно принесет больше пользы, чем вреда. Оптимизация затем диктует избрать такую форму и масштаб вмешательства, которые бы максимально повысили чистую выгоду. Пределы доз для нормальных условий работы относятся к таким видам деятельности человека, которые исключают присутствие ранее образовавшихся или неконтролируемых источников, и, следовательно, в данном случае неприменимы.

1-3. Принципы вмешательства

Основные принципы системы ограничения доз для контролируемых источников могут, с некоторыми изменениями акцентов, быть применены и для ситуаций вмешательства. Единственный их компонент, который нельзя применять, — это предел дозы облучения отдельных лиц из числа населения от контролируемых антропогенических промышленных источников излучения. Уже широко известно, и это следует еще раз подчеркнуть, что данный предел дозы имеет лишь ограниченное применение; например, он не применим к облучению отдельных лиц в медицинских целях. Также он не предназначен для применения к дозам облучения, полученным в результате естественной радиации или от неконтролируемых источников.

Применимые принципы вмешательства были установлены МКРЗ в контексте ядерных аварий в своей публикации № 40 [4] и в контексте естественных источников излучения в публикации № 39 [5]. Эти принципы, еще раз высказанные в достаточно широком смысле, чтобы охватить все соответствующие ситуации, но фокусирующиеся на мерах вмешательства, затрагивающих отдельных лиц из числа населения, включают следующее:

(1) Вмешательство должно быть обоснованным, то есть введение защитной меры должно принести больше пользы, чем вреда.
(2) Уровень, при котором вводится вмешательство, и уровень, при котором оно затем прекращается, должны быть оптимизированы с тем, чтобы добиться максимальной чистой выгоды.
(3) Должны быть предприняты все возможные усилия для предотвращения серьезных детерминистских воздействий на здоровье посредством ограничения доз, получаемых отдельными лицами, до уровней ниже пороговых значений для этих воздействий.

В некоторых случаях при большой мощности доз или продолжительном облучении, помимо попытки предотвратить детерминистские эффекты, риск от стохастических эффектов для отдельных лиц тоже может являться важным фактором для процесса принятия решений. Компетентные органы могут пожелать удерживать риск от

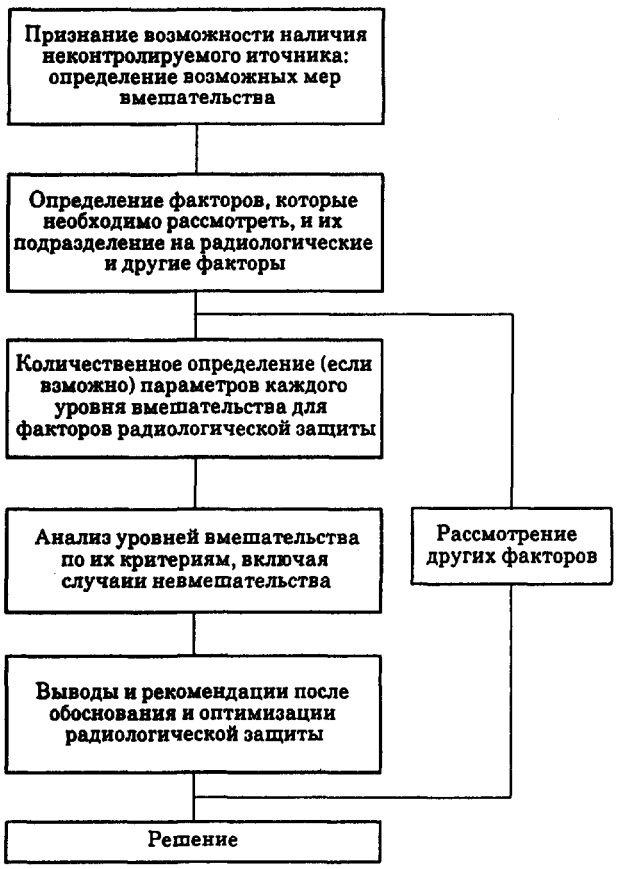


Рис. 1-1. Поэтапный подход к принятию решений о вмешательстве

таких эффектов для отдельных лиц ниже уровней, которые они считают нежелательными. Основания для таких предельных значений будут отличаться от тех, которые используются для выведения предельных доз в нормальных условиях.

В первых двух случаях необходимо учитывать пользу, которая может быть достигнута благодаря вмешательству, и вред в самом широком смысле, который также может появиться в результате вмешательства. Поэтому они требуют использования такого типа процедур принятия решений, который описан в публикации МКРЗ № 37 [6] и публикации № 55 [7]. Как отмечается в этих публикациях и разъясняется на рис. 1-1, исходные данные для исследований по обоснованию и оптимизации включают факторы, связанные с радиологической защитой, тогда как окончательные решения могут также зависеть и от других факторов, возможно, политического характера. Факторы радиологической защиты определяются как факторы, связанные с достигнутым уровнем защиты. Поэтому они включают факторы, определяющие распределение предотвращенной дозы, и факторы, определяющие затраты и другие трудности, связанные с предотвращением этих доз. Методики, "облегчающие принятие решений", которые могут быть использованы при проведении типа анализа, проиллюстрированного на рис. 1-1, подробно описаны в публикации МКРЗ № 55 [7]. Все эти методики должны, в первую очередь, разъяснить людям, которые должны будут принимать решения по вмешательству, смысл различных факторов, помочь им определить их количественно, если это разумно и необходимо, и систематизировать соотношения между различными факторами.

Одной из наиболее общих систем, облегчающей принятие решений и способной принимать исходные данные как количественного, так и качественного характера, является многокомпонентный прикладной анализ. Если он будет применяться при решении вопроса о такой мере вмешательства, как эвакуация, то структура исходных данных для такого анализа будет выглядеть так же, как на рис. 1-2. Некоторые из представленных здесь факторов несомненно являются факторами радиологической защиты, как они определены ранее, и могут быть в той или иной степени количественно измерены; к ним относятся предотвращенный индивидуальный и коллективный риск для групп населения, индивидуальный и коллективный физический риск для населения, вызванный применением контрмеры, индивидуальный и коллективный риск для работ-

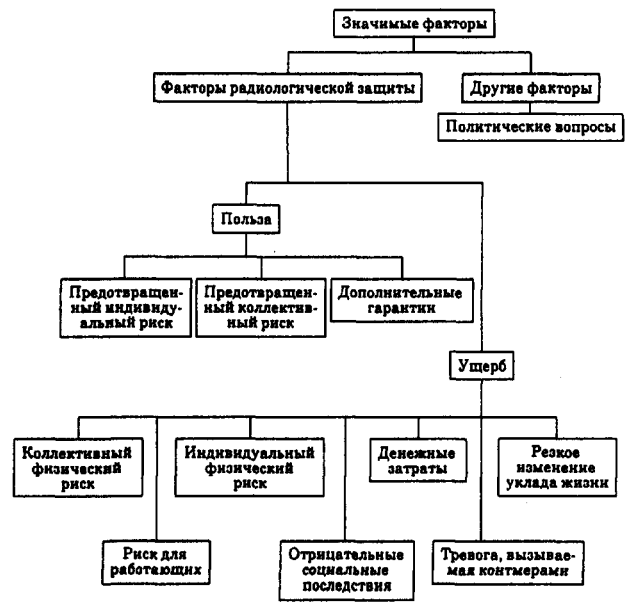


Рис. 1-2. Факторы, относящиеся к принятию решений об уровне введения контрмер на раннем этапе

ников при осуществлении контрмеры и денежная стоимость контрмеры. Факторы, которые трудно выразить количественно, включая дополнительные гарантии, которые приносит осуществление контрмеры, и противоположные им факторы — тревога, связанная с осуществлением контрмеры, а также нарушение уклада общественной и личной жизни, также показаны на рисунке как факторы радиологической защиты. Хотя такое их назначение и не совсем очевидно, эти факторы удовлетворяют критериям, связанным с достигнутым уровнем защиты. Исходные данные политического характера, однако, не считаются фактором радиологической защиты.

На рис. 1-2 эти факторы разделены на те, которые определяют пользу, приносимую контрмерой, и те, которые определяют вред. При анализе исходных данных для принятия решений следует решить вопрос об относительной важности каждого фактора. Такие оценки надо делать независимо от типа используемой методики, облегчающей принятие решений и, как указано в публикации МКРЗ № 55 [7], окончательные решения будут одинаковыми при условии, что используется одинаковая база данных и что оценки сопоставимы. Если используется метод многокомпонентного прикладного анализа, то все факторы радиационной защиты могут быть непосредственно включены в анализ, если вывести из них или придать им прикладные функции, а компромиссные выводы выражаются в виде пересчетных констант. Если используется метод анализа "затраты-польза", тогда факторы, которые можно представить в виде денежных эквивалентов, следует непосредственно включить в количественный анализ, а другие факторы радиационной защиты должны быть представлены как качественные, чтобы получить результат радиологического анализа, представленный на рис. 1-1.

При проведении обоснования и оптимизации необходимо будет определить граничные значения для различных исходных данных, показанных на рис. 1-2. Когда речь идет о предотвращенных дозах облучения, это достаточно ясно, но даже в этом случае следует принять решение, учитывать ли все население, получившее дозы облучения, как одно целое, или классифицировать его по различным группам либо по принципу разницы в полученных дозах, либо по принципу различной восприимчивости к ущербу. Целесообразность такого предлагаемого разделения следует учитывать при принятии решения.

Когда речь идет об ущербе, наносимом вмешательством, то физический риск и нарушение уклада жизни, а также социальные проблемы обычно будут ассоциироваться с тем населением, по отношению к которому применяется мера вмешательства, хотя она вполне вероятно повлияет и на друзей и родственников, даже если они и проживают далеко от этих мест. Экономические затраты, однако, могут быть возложены в одних случаях главным образом на население, пострадавшее от меры вмешательства, а в других случаях главным образом на совершенно иные группы населения. Вопрос о том, какую часть этих экономических затрат следует учесть в процессе оптимизации, не может быть решен в общем виде, его надо четко решать каждый раз при проведении оптимизации.

Хотя эти два принципа обоснования и оптимизации приводятся здесь в отдельности и действительно являются концептуально разными, при принятии решения их следует учитывать во взаимосвязи. Для определенного сценария аварии имеется целый диапазон обоснованных уровней вмешательства, то есть тех, которые принесут больше пользы, чем вреда. Оптимальный уровень будет находиться где-то в пределах этого диапазона. Для других сценариев диапазон оптимизированных уровней будет отличаться, так же как и оптимальное значение. На основании анализа множества сценариев может быть выведен некий диапазон оптимальных уровней вмешательства, который будет несколько шире, чем если бы уровни устанавливались для более конкретно определенных обстоятельств, то есть таких, какие могут встречаться на практике. Именно в этом смысле и следует выводить диапазон уровней вмешательства, но разработка такого диапазона не препятствует исключению оптимального уровня из этого диапазона, если определенный сценарий в определенное время не входил в число тех, которые использовались ранее для разработки этого диапазона. Также следует подчеркнуть, что когда диапазон уже установлен, выбор минимального значения этого диапазона для введения мер вмешательства при отсутствии всякой другой информации не будет автоматически оптимальным.

Так как все меры вмешательства предназначены для удерживания доз ниже детерминистского порогового значения, то ущерб, связанный с дозой облучения, предотвращенной определенной мерой вмешательства, не подвергается воздействию других мер вмешательства. Поэтому каждая мера вмешательства может быть оценена отдельно с точки зрения обоснования и оптимизации. Хотя третий принцип и должен применяться по отношению к суммарной дозе, полученной отдельными людьми в результате суммарной остаточной дозы после осуществления всех мер вмешательства, вряд ли его придется использовать на практике в большинстве случаев.

1–4. Обсуждение некоторых важных вопросов, относящихся к вмешательству

Целью вмешательства является создание для потенциально облучаемых людей лучших условий (в идеале наилучших) в том смысле, что достигаются меньшие совокупные риски при "разумных" финансовых и социальных затратах. Хотя эта задача ясна и концептуально проста, в практической жизни не так просто определить, какой вид и уровень вмешательства наиболее соответствуют каким-то определенным обстоятельствам. Их выбор требует тщательного учета множества взаимоисключающих критериев, как это видно из рис. 1-2 (например, риски радиационного облучения, риски как следствие вмешательства, прямые и косвенные расходы, связанные с вмешательством, обеспокоенность населения), роль которых может меняться в зависимости от характера аварии, и относительная важность которых может зависеть от решений об их политической и социальной значимости. Перевод некоторых значимых факторов на обычную шкалу оценки связан с рядом трудностей, однако с этим сталкиваются не впервые, и эта проблема всегда присутствует при принятии решений во многих областях экономической и социальной жизни. Ввиду потенциальной важности политических и социальных факторов результаты будут неизбежно отличаться; такие отличия не следует воспринимать как нечто неожиданное. Несмотря на эти трудности, вполне очевидно, что для того, чтобы принятие мер было результативным, необходимо скрупулезно рассмотреть эти вопросы и достичь соответствующего, качественного баланса.

Как сказано выше, имеется много вспомогательных методов для выработки оценок в таких сложных вопросах (например, анализ "затраты–польза", многокомпонентный анализ). Ни один из них не имеет таких подавляющих преимуществ, чтобы его можно было рекомендовать в качестве универсального метода; многое будет зависеть от рассматриваемой проблемы. Анализ "затраты–польза" является одним из наиболее простых и понятных методов и лишь только по этой причине он приводится здесь для того, чтобы можно было проиллюстрировать ряд более важных вопросов при принятии решений о вмешательстве.

Концептуально эта проблема может быть представлена в виде выражения "затраты–польза", но с учетом приведенной на рис. 1-2 структуры, где польза выражена как:

$$B = (Y_0 - Y_1) + B_c - X - R - A, \qquad (1)$$

где B — чистая выгода, получаемая при введении защитной меры;
Y_0 — стоимостной эквивалент радиационного ущерба, если защитная мера не будет принята;
Y_1 — стоимостной эквивалент остающегося радиационного ущерба при введении защитной меры;
B_c — стоимостной эквивалент дополнительных гарантий, обусловленных защитной мерой;
X — денежные расходы на реализацию защитной меры;
R — стоимостной эквивалент рисков, вызываемых самой защитной мерой;
A — стоимостной эквивалент беспокойства и изменения образа жизни, вызываемых защитной мерой.

Из уравнения видно, что вмешательство будет оправданным при положительной величине B и что оптимальный результат будет достигнут при ее максимальной величине с условием, что составляющие уравнения определены достаточно широко, чтобы можно было учесть все факторы радиологической защиты, указанные на рис. 1-2. Единственным ограничением при этом является то, что в идеальном случае вмешательство должно осуществляться при уровнях индивидуальной дозы ниже тех уровней, при которых появляются детерминистские последствия для здоровья. Единственным исключением из этого обобщения является тот случай, когда такое вмешательство практически будет ухудшать обстановку.

На практике трудно количественно, в денежном выражении определить все составляющие уравнения (1), и поэтому часто приходится делать оценки величин по аналогии с тем, как это часто делается при принятии социальных и экономических решений. Однако, это уравнение дает концептуальную структуру для проведения таких оценок.

Ряд важных вопросов, а также трудностей, связанных с разработкой руководящих принципов вмешательства, можно проиллюстрировать ссылкой на различные составляющие в уравнении (1). В отношении ущерба, связанного с воздействием на здоровье, может потребоваться учет прямых последствий (например, случаи рака), представленные составляющей $(Y_0 - Y_1)$, и косвенные последствия, связанные с радиационным облучением (например, беспокойство),

выраженные как часть составляющей А. Оценка воздействия на здоровье учитывает все трудности, присущие оценке изменения уклада жизни и ее продолжительности; хотя это и сложный процесс, однако он является общим и действительно важным процессом, которого необходимо придерживаться интуитивно или сознательно. Аналогичные соображения возникают при оценке физических рисков, связанных с введением самой контрмеры и представленных составляющей R. Совокупный ущерб, наносимый в результате вмешательства, будет состоять из нескольких компонентов, указанных на рис. 1–2 и представленных в выражении (1) составляющими S, R и A, которые более или менее легко определяются количественно. Оценку компонентов денежных затрат, выражаемых членом X (например, прямые денежные расходы на эвакуацию и переселение, компенсация за введение ограничений на потребление пищевых продуктов, расходы на уничтожение продуктов питания) сделать относительно несложно. Большую трудность представляют другие факторы, учитываемые составляющей А. В выражении не учитываются факторы, не относящиеся к радиологической защите, указанные на рис. 1–2, такие, как политическое и социальное восприятие необходимости вмешательства или желание провести координацию вмешательства на региональном или международном уровне.

Относительная значимость различных составляющих вышеуказанного уравнения (1) будет зависеть от типа предусматриваемого вмешательства. В тех случаях, когда главными соображениями являются риски, связанные с облучением, и физические риски, связанные с самим вмешательством, их значение сводится к относительно простому сравнению или компромиссу между двумя альтернативными рисками. Если риски относятся к одним и тем же лицам, то их значение снова упрощается, поскольку соображения равенства здесь не рассматриваются. Процесс сопоставления становится намного сложнее, если главными членами выражения выступают риски, связанные с радиационным облучением и совокупный ущерб (как количественно, так и качественно), причиняемый вмешательством. Не только сам процесс является более сложным, он еще и подвержен противоречивым результатам в зависимости от количественной оценки значения, которое придается различным компонентам, определяющим ущерб. Эти количественные оценки вводятся в выражение "затраты–польза" как переводные коэффициенты, необходимые для выражения всех членов выражения в виде затрат (напр., долл. США на чел.-Зв); при формулировании многих критериев они выступают как пересчетные константы [7]. Еще одна трудность состоит в том, что рискам часто подвергаются потенциально облучаемые люди, а затраты очень часто распространяются на намного большее количество населения, проживающего в этом регионе или республике. В таких случаях при определении соответствующего баланса согласования может играть значительную роль более широкий подход к рассмотрению других факторов, помимо радиологической защиты, таких, как социально-политические подходы и оптимальное распределение национальных ресурсов.

Несмотря на широкое международное согласие по принципам и целям вмешательства, в их практической реализации ожидаются различия. Это явится результатом различий в оценке значимости составляющих уравнения (1). Однако, наиболее важный источник различий будет обусловлен тем значением, которое придается факторам нерадиологического, социально-политического и иного менее ощутимого характера. Например, может оказываться давление с целью осуществления вмешательства в ответ на риск, ощущаемый населением, даже в тех случаях, когда фактический уровень риска и затраты на его предотвращение сами по себе не оправдывали бы вмешательство; аналогичным образом может оказываться давление с целью поддержания доз ниже существующих дозовых пределов или каких-либо других рекомендуемых пределов, определенных для абсолютно других целей, несмотря на то, что это будет в принципе неверно и возможно принесет обратный результат. Существование ограничений общего характера может стать дополнительным источником различий. Например, ресурсы, которые общество может пожелать или способно выделить для целей вмешательства, будут иметь свои пределы; с другой стороны, если затраты на вмешательство малы или незначительны из расчета на душу населения, может существовать тенденция или даже социальное давление к введению мер вмешательства при более низких уровнях, чем это требовалось бы. Разная оценка значимости более поддающихся количественному определению составляющих уравнения (1) также может повлиять на различия в выбранных уровнях вмешательства; в целом, однако, это будет иметь вторичное значение по сравнению с другими потенциальными источниками указанных различий.

Таким образом, установление уровней вмешательства является комплексным процессом, сложность которого усугубляется соображениями социально-политического характера. Признание сложной взаимосвязи между многими факторами является первым шагом в понимании

различий в уровнях вмешательства, которые были приняты в прошлом, и в осуществлении деятельности по согласованию уровней в будущем. Учитывая потенциальное значение социально-политических факторов, ожидаются различия между уровнями, установленными в разных странах, даже если они все были определены в соответствии с одинаковыми основными принципами или целями радиационной защиты. Эти различия не должны удивлять; скорее следует признать, что они практически неизбежны. Однако, в будущем необходимо уделять большее значение повышению ясности процесса принятия решений при установлении уровней вмешательства, показанного на рис.1-1. В этом случае будут ясны причины различий в предлагаемых уровнях, которые часто являются очень обоснованными; это окажет большую помощь в понимании любых предложенных уровней и, в конечном итоге, в их принятии.

Таким образом, следует ожидать, что какой-либо компетентный орган сам в своей стране может принять уровни, которые отличаются от уровней, принятых в других странах. Вместе с тем, необходимо признать, что на практике национальные компетентные органы работают не в вакууме, поэтому влияние шагов, предпринятых в других странах, может оказывать существенную роль при рассмотрении социально-политических вопросов. В случае вмешательства, затрагивающего интересы национального населения, национальные компетентные органы иногда могут прийти к решению, что большее доверие населения может быть достигнуто при установлении уровней, которые приняты в соседних странах. Это может привести к спонтанному согласованию уровней, что по мнению некоторых является желательным, чтобы уменьшить обеспокоенность населения. В некоторых случаях, однако, может иметь место социально-политическое давление с целью введения уровней ниже тех, которые приняты в других странах, чтобы добиться большего доверия населения в местном масштабе; это может привести к эффекту спирали, что в конечном счете лишь уменьшит доверие и поэтому должно отвергаться. Это особенно важно в специальном случае вмешательства для ограничения поставок продовольствия в международной торговле, когда отдельным странам чрезвычайно легко установить очень низкие уровни, когда их собственные продукты являются незагрязненными и поставки продовольствия гарантированы. Обоснование и оптимизация могут быть проведены определенно в рамках более широкого международного сообщества, и в этом направлении был сделан существенный шаг такими организациями, как Комиссия Codex Alimentarius.

1-5. Общие рекомендации по уровням вмешательства

Выбор уровней вмешательства может зависеть от последовательности аварийных событий, характерной для ядерной установки, местных экологических условий и от национальных или местных соображений. Сделав оптимизационные расчеты на основании факторов радиологической защиты, может оказаться необходимым принять во внимание другие факторы, на которые влияет доминирующая политическая обстановка, как это указано в разделе 1-3. Поэтому, при принятии решения существует несколько исходных параметров, каждый из которых имеет свое значение. При учете факторов нерадиологического характера необходимо проявлять значительную осторожность, чтобы избежать их повторного рассмотрения в процессе оценки и оптимизации. Очевидно, что наиболее уместно разрабатывать уровни вмешательства применительно к конкретным обстоятельствам. Это требуется для конкретности и потенциальной гибкости уровней вмешательства в зависимости от преобладающих обстоятельств, определяющих уровень разработки количественных рекомендаций, которые будут применимы на широком (международном) уровне.

Несмотря на эти ограничения, можно разработать общие рекомендации в этой области, которые можно использовать как пособие для национальных компетентных органов при определении ими собственных конкретных уровней. Такие рекомендации приведены в табл. 1-1 для пяти основных защитных мер: использование укрытий, профилактика препаратами стабильного йода, эвакуация, переселение и введение ограничений на потребление пищевых продуктов. Для каждой защитной меры приводится диапазон уровней вмешательства. Необходимо подчеркнуть общий характер рекомендаций; их не следует воспринимать как запрещение принимать уровни вмешательства вне рамок, которые оговорены в них. Там, где речь идет о полувековой дозе, имеется в виду интеграл мощности дозы на соответствующие органы и ткани в течение 50 лет после поступления радионуклидов в организм.

На выбор уровней в табл. 1-1 повлияли два основных соображения: во-первых, уровни, которые были предложены для применения и одобрены в государствах-членах МАГАТЭ, и, во-вторых, уровни, которые определены при использовании упрощенных и ограничительных методов оптимизации. Кроме того, уровни выбирались таким образом, чтобы можно было обеспечить большую степень гарантии того, что

Таблица 1-1

Общие рекомендации по уровням вмешательства[а]

Защитное мероприятие	Величина[б]	Эффективная доза	Эффективная доза на щитовидную железу
Укрытие	Доза внешнего облучения плюс доза за 50 лет при поступлении радионуклидов в организм в первые 24 часа, (мЗв)	От нескольких единиц до десятков мЗв	
Профилактика препаратами стабильного йода	Доза за 50 лет с поступления радионуклидов в организм в первые 24 часа, (мЗв)		От нескольких десятков до нескольких сотен (мЗв)
Эвакуация	Доза внешнего облучения плюс дозы за 50 лет от поступления радионуклидов в организм в первые 24 часа, сотен (мЗв)	От десяти до нескольких мЗв	
Переселение[в]	Доза внешнего облучения плюс доза за 50 лет от поступления радионуклдиов в организм в течение года, (мЗв)	От нескольких единиц до сотни мЗв[г]	
Контроль за[д] потреблением пищевых продуктов	Доза за 50 лет от поступления радионуклидов в организм через год, (мЗв)	От одного до нескольких десятков мЗв	

[а] Эта количественная рекомендация носит общий характер. Конкретные диапазоны значений не следует принимать к применению, не проведя сначала тщательного анализа их приемлемости к конкретным обстоятельствам.

[б] Эту величину необходимо сравнить с уровнем вмешательства. В принципе, это предотвращенная доза, которую необходимо сравнивать, однако на практике она часто может соотноситься с прогнозируемой дозой.

[в] Несколько более широкий диапазон уровней приводится для переселения в сравнении с другими защитными мерами. Это сделано с той целью, чтобы отразить большую чувствительность этой меры к масштабу аварии.

[г] В некоторых случаях этот критерий можно также выразить через мощность дозы. В этих случаях общие рекомендации для мощности дозы находятся в диапазоне от одного до нескольких десятков μЗв/ч.

[д] Это применимо отдельно к каждой из приводимых категорий пищевых продуктов: молочные продукты, мясо, овощи, зерновые, фрукты, питьевая вода и напитки.

уровни вмешательства, разработанные для широкого диапазона различных, но в то же время конкретных обстоятельств, будут находиться в указанных диапазонах. Поэтому, по необходимости, эти диапазоны несколько шире, чем они были бы, если бы уровни устанавливались для более ограниченного набора обстоятельств, которые, по-видимому, будут иметь значение на практике. В отношении диапазонов уровней, приведенных в табл. 1-1, необходимо сделать одно дополнительное пояснение. Было бы неправильно выбирать произвольные значения из нижнего диапазона предпочтительно к другим значениям на основании того, что этот подход является осторожным и поэтому может привести к наилучшим результатам. При отсутствии другой информации более оптимальными будут, по-видимому, уровни в середине диапазона.

Данные рекомендации презназначены для оказания помощи тем, кто отвечает за установление уровней вмешательства, однако, результат был бы обратным, если бы производные уровни принимались без проведения соответствующего анализа приемлемости руководящих принципов к конкретным интересующим обстоятельствам. Это можно проиллюстрировать на примере общих рекомендаций в отношении вмешательств по ограничениям на потребление пищевых про-

дуктов. Хотя настоящие рекомендации разработаны применительно к возможно более широкому диапазону обстоятельств, и особенно к случаям, когда производство продуктов питания превышает спрос на них, они могут оказаться совершенно неприменимыми в случаях голода или недостатка продуктов питания.

Следует подчеркнуть, что приводимые в табл. 1-1 дозы относятся к тем дозам, которые были бы предотвращены при применении контрмер. Таким образом, они соответствуют члену ($Y_0 - Y_1$) в уравнении (1). Так будут обстоять дела при некоторых контрмерах, особенно при эвакуации на этапе до выброса радиоактивных веществ, когда Y_0 будет фактически равно нулю; тем не менее, в принципе эта величина является предотвращенной дозой, которую необходимо учитывать.

1-6. Производные уровни вмешательства

Уровни вмешательства, приведенные в табл. 1-1, обычно выражены в виде предотвращенной дозы. На практике результаты экологических измерений, проведенных непосредственно после аварийного выброса радионуклидов, будут представлены в виде уровней и концентраций (напр., Гр/ч, Бк/м^3, Бк/м^2). Чтобы перевести эти измерения в дозовые уровни вмешательства, удобно рассчитать заранее производные уровни вмешательства, которые соответствуют при определенных условиях уровням вмешательства. Эти производные уровни вмешательства выражаются в тех же самых значениях и единицах, что и данные экологических измерений [8].

На этапе выброса радионуклидов и непосредственно после него производные уровни вмешательства должны соотноситься с защитными мерами по использованию укрытий, эвакуации и профилактике препаратами стабильного йода. Таким образом, они скорее всего будут выражены в виде мощности внешних доз от радиоактивности облака и радиоактивных выпадений на единицу площади и временного интеграла концентраций в воздухе и т. д. Каждый производный уровень вмешательства будет соответствовать уровню вмешательства при оговоренных условиях, в частности относительно времени облучения.

На этапе выброса радионуклидов, если он является продолжительным, и после выброса потребуются дополнительные производные уровни для введения защитных мер, относящихся к пищевой цепочке. Они будут выражаться в таких величинах, как уровни радиоактивности в данных пищевых продуктах (напр., для радиоактивного йода в молоке в Бк/л; для зеленых овощей в Бк/кг) и могут относиться к предельным концентрациям или к средним значениям в течение конкретного периода времени. Связь между производным уровнем вмешательства и дозовым уровнем вмешательства еще больше зависит от предположений, сделанных в отношении пищевых продуктов, в частности, предполагаемый период или временной интеграл концентрации и количество пищи, потребляемой отдельными лицами. Если речь идет о производном уровне не для пищевых продуктов, которые употребляются непосредственно человеком, а для кормов (напр., пастбищная трава), в этом случае необходимо также учитывать дополнительный ряд моделей и оценок.

В рамки настоящего доклада не входит подготовка рекомендаций по расчету производных уровней вмешательства. Однако, в серии своих публикаций по безопасности Агентство выпустило документ Серия безопасности № 81 [8], в котором описана методика таких расчетов.

1-7. Планирование уровней вмешательства

Основные принципы, которые излагаются в настоящем Приложении и которые лежат в основе принятия решений о вмешательстве, подразумевают, что уровень, при котором вводится определенная защитная мера, может меняться в зависимости от преобладающих обстоятельств. Поэтому, при определении практической схемы вмешательства необходимо сохранить возможность её гибкого применения; было бы неправильно устанавливать уровень вмешательства, применение которого предусматривается без учета обстоятельств. Однако, это желание иметь гибкую схему не должно использоваться как аргумент против установления уровней вмешательства заранее, ссылаясь на то, что процесс оптимизации может быть выполнен в день аварии. Такой подход несомненно будет иметь обратный результат, учитывая, что в аварийной обстановке будут существовать иные довлеющие обстоятельства. Поэтому, важная роль отводится планированию и установлению уровней вмешательства или диапазонов уровней вмешательства для различных защитных мер. Невозможно переоценить важность такого планирования для обеспечения своевременного и эффективного введения защитных мер в случае аварии.

Уровни вмешательства могут устанавливаться для большого количества возможных аварийных ситуаций, с помощью простого анализа "затраты-польза" и других методов принятия

решений. При проведении этого анализа следует указывать чувствительность уровня вмешательства к важным переменным значениям и иметь возможность выбирать уровни и соответствующие защитные меры применительно к обстоятельствам, что позволит обеспечить определенную степень гибкости и в то же время сохранить разумные ограничения. В случае аварии можно будет выбрать соответствующий уровень, при котором необходимо будет осуществить вмешательство в соответствии с реальными обстоятельствами.

Литература к Приложению 1

[1] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Radiation Protection Principles for Sources Not under Control: Their Application to Accidents, IAEA, Vienna, in preparation.

[2] INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION, Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, ICRP Publication No. 26, Pergamon Press, Oxford and New York (1977).

[3] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Basic Safety Standards for Radiation Protection, 1982 Edition, Safety Series No. 9, IAEA, Vienna (1982).

[4] INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION, Protection of the Public in the Event of Major Radiation Accidents: Principles for Planning, ICRP Publication No. 40, Pergamon Press, Oxford and New York (1984).

[5] INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION, Principles for Limiting Exposure of the Public to Natural Sources of Radiation, ICRP Publication No. 39, Pergamon Press, Oxford and New York (1984).

[6] INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION, Cost-Benefit Analysis in the Optimization of Radiation Protection, ICRP Publication No. 37, Pergamon Press, Oxford and New York (1983).

[7] INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION, Optimization and Decision-Making in Radiological Protection, ICRP Publication No. 55, Pergamon Press, Oxford and New York (1989).

[8] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Derived Intervention Levels for Application in Controlling Radiation Doses to the Public in the Event of a Nuclear Accident or Radiological Emergency, Safety Series No. 81, IAEA, Vienna (1986).

Приложение 2

Контрмеры, которые необходимо осуществить после 1990 года для обеспечения безопасного проживания населения на территориях, подвергшихся влиянию Чернобыльской аварии

2–1. Введение

В данном Приложении даются первоначальные оценки затрат и предотвращенной коллективной дозы облучения при возможном отселении из районов БССР, РСФСР и УССР, подвергшихся влиянию чернобыльской аварии, с целью улучшения условий жизни населения. Это делается в дополнение к оценке радиологических последствий чернобыльской аварии в СССР. Основной задачей было провести оценку "концепции, разработанной в СССР для обеспечения безопасного проживания населения в районах с радиоактивным загрязнением после чернобыльской аварии, а также для оценки эффективности предпринятых в этих районах мер по защите здоровья населения". В частности данная работа направлена на оценку защитных мер, принятых начиная с 1990 года.

На начальных этапах данного Проекта концепция дозы за всю жизнь 350 мЗв использовалась в качестве отправной точки при отселении населения из загрязненных районов. Этот подход явился поводом для споров между различными группами в СССР. После того как работы по Проекту были начаты в апреле 1990 года, в СССР была принята Государственная союзно-республиканская программа срочных мер по ликвидации последствий чернобыльской аварии в 1990–1992 гг. Данная программа, рассчитанная на три года, предполагала широкий спектр мер по улучшению условий жизни населения в загрязненных районах за пределами зоны жесткого контроля, установленной после аварии 1986 года. Данные меры предполагали также завоз "чистых" продуктов питания и отселение людей из населенных пунктов как меру наибольшего прямого воздействия с целью снижения индивидуальной и коллективной доз облучения.

В момент начала данных работ люди, проживающие в некоторых населенных пунктах, уже были отселены, но продолжались многочисленные споры по поводу отселения дополнительного количества людей, исходя из критериев, принятых в Государственной программе. В этой связи данная работа является первой попыткой оценить корректность предполагаемых контрмер с учетом критериев радиационной защиты; она также дает возможность оценить влияние применения более жестких мер.

Исходя из детального анализа ситуации, преобладающей в трех республиках, понятно, что нельзя ограничиться простым сравнением затрат ресурсов и их потенциального положительного влияния на сокращение коллективной дозы облучения. Большая часть средств, уже израсходованных на улучшение условий жизни (или средств, которые будут вложены в ближайшее время), позволит лишь незначительно снизить дозу облучения, а то и вообще никак на ней не скажется. В действительности большая часть ресурсов, которые уже выделены (или будут выделены), следует рассматривать как прямые или косвенные компенсации для тех, кто, возможно, пострадал от аварии, в основном с психологической точки зрения, и в результате этого улучшить отношение людей к сложившейся ситуации.

Таким образом, данная оценка, предполагающая количественное определение затрат и эффективности мер, которые могут быть предприняты для улучшения условий жизни, является лишь одним из вкладов в выбор оптимальных защитных мер для ликвидации последствий аварии. (Для более широкого понимания данного вопроса, включающего проблемы одобрения населением принятых мер и проблемы стресса, см. Приложение 3 к настоящей Части).

2–2. Методология

2-2.1. Предпосылки

Дозиметрические и экономические показатели, на которых основываются настоящие оценки, собирались в ходе выполнения трех поездок в Москву, Минск и Киев в период с июля по октябрь 1990 г. Хотя в ходе этих миссий была собрана довольно обширная общая информация об обстановке, она позволила провести подробный анализ лишь на уровне всей страны и/или республик и не была представительной для отдельных населенных пунктов, как это первоначально планировалось.

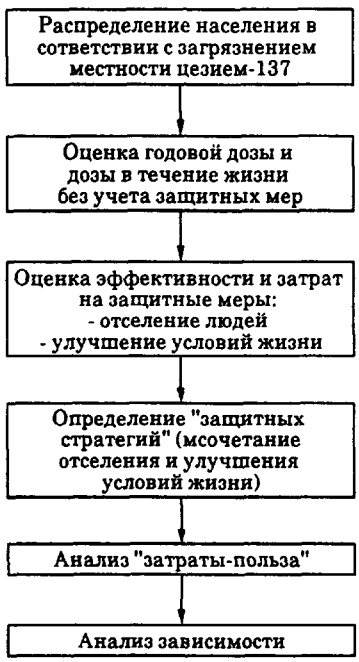


Рис. 2-1. Базовая структура модели оценки защитных мер

Ясно, что в контексте принятия решений по вопросам здравоохранения, эффективность возможных контрмер сначала придется оценивать на республиканском или общесоюзном уровне для проверки их целесообразности с точки зрения социально-экономических последствий. При определении адекватности политики в целом огромное значение имеет оценка эффективности контрмер на местном уровне, поскольку населенные пункты могут отличаться по радиологическим, экономическим и социальным характеристикам.

Из-за недостатка представительных данных на местном уровне, внимание в данном отчете сосредоточено главным образом на общесоюзном уровне; различия между республиками и СССР в целом не настолько значительны, чтобы оправдывать проведение раздельных оценок. Результаты различий на местном уровне исследовались методом анализа чувствительности по ряду показателей, специфических для населенных пунктов Могилевской области; этот анализ был ограничен, правда, лишь рассмотрением различий в суммарной дозе на единицу загрязнения почвы.

При проведении оценки использовался довольно общий и упрощенный подход к моделированию. Это считалось допустимым в свете имеющихся данных, учитывая необходимость использовать при работе с ними допущения очень общего характера, а также необходимость учета многообразия предлагаемых критериев вмешательства (например, уровень поверхностного загрязнения по цезию, среднюю годовую дозу, дозу в течение жизни).

Из-за множества упрощений и допущений, принятых в модели, полученные результаты не-

Таблица 2-1

Распределение населения СССР по территориям с различными уровнями загрязнения цезием-137

Цезий-137, в Ки/км^2	Цезий-137, в кБк/м^2	Численность населения	Процент	Накопленный процент
5–10	(185–370)	411 800	58,4	58,4
10–15	(185–555)	87 200	12,3	70,7
15–20	(555–740)	117 900	16,7	87,4
20–25	(740–925)	28 100	4	91,4
25–30	(925–1110)	24 900	3,5	94,9
30–35	(1110–1295)	15 700	2,2	97,1
35–40	(1295–1480)	5 300	0,8	97,9
40–60	(1480–2220)	10 400	1,5	99,4
60–80	(2220–2960)	3 400	0,5	99,9
>80	>2960	900	0,1	100
Итого		705 600		

обходимо тщательно анализировать и рассматривать только как чисто общую оценку затрат и эффективности предусматриваемых контрмер.

2-2.2. Общая структура модели

Различные блоки модели представлены на рис. 2-1. Исходной точкой модели является распределение населения по территориям с различным уровнем загрязнения местности цезием-137. Первый блок модели предполагает сравнение различных уровней загрязнения с дозами, полученными населением (средней индивидуальной дозой за 1990 г. и дозой в течении жизни за период с 1990 по 2060 гг). Второй блок относится к оценке затрат и эффективности (в виде предотвращенной дозы) отселения людей и улучшения условий жизни тех, кто еще проживает в загрязненных районах. В третьем блоке дается определение оцениваемых "стратегий". Стратегии различаются по количеству отселенных людей при постоянной величине критерия улучшения условий жизни. В четвертом блоке анализируются затраты на единицу предотвращенной дозы. Для более широкого представления различных результатов в перспективе предлагается ряд стоимостных эквивалентов для единицы коллективной дозы. На заключительном этапе проводится анализ чувствительности, позволяющий оценить надежность результатов.

2-3. Распределение населения по территориям с различными уровнями загрязнения местности

Основными исходными данными для модели были данные о распределении населения, живущего в загрязненных районах, в функциональной зависимости от различных уровней загрязнения местности цезием-137, выраженных в Ки/км^2 [1]. Такая информация была представлена только для зон, находящихся под контролем, т. е. с уровнями загрязнения свыше 5 Ки/км^2 (185 кБк/м^2). Общая численность населения, проживающего в этих зонах на территории трех республик (РСФСР, УССР и БССР), составляет около 705 600 человек. Считается, что эта цифра отражает численность населения, проживающего в этих районах на начало 1990 г. В табл. 2-1 приводится распределение населения по территориям с различными уровнями загрязнения местности в 1990 г. Такое распределение, конечно, будет со временем меняться вследствие распада цезия-137 и за счет миграции населения.

Таким образом, оценке подвергались только "контролируемые" зоны и зоны "жесткого контроля", которые определены соответствующими организациями СССР (т. е. население, живущее в районах с уровнями загрязнения местности цезием-137 свыше 5 Ки/км^2 (185 кБк/м^2) и 15 Ки/км^2 (555 кБк/м^2), соответственно). Загрязненность территорий цезием-137 неоднородна и объясняется метеорологическими условиями, которые преобладали в течение аварии на Чернобыльской АЭС в 1986 г.

Распределение населения по республикам приводится в табл. 2-2 [2-5]. Между данными в табл. 2-1 и 2-2 явно прослеживаются некоторые различия; они вызваны главным образом тем, что оценки проводились в разное время, а процесс отселения людей при этом продолжался. Оценка, содержащаяся в настоящем докладе, касается всего пострадавшего населения в трех республиках.

2-4. Оценка годовой дозы и дозы в течение жизни без учета защитных мер

Дозы, соответствующие определенному уровню загрязнения, выводились из общей дозимет-

Таблица 2-2

Распределение населения по трем республикам в зависимости от уровней концентрации цезия-137

Ки/км^2	кБк/м^2	РСФСР	УССР	БССР	СССР
5-15	185-555	113 100	147 000	267 000	527 100
15-40	555-1480	80 900	22 400	105 000	208 300
>40	>1480	4 600	2 600	9 400	16 600
Всего		198 600	172 000	381 400	752 000

Таблица 2-3

Усредненная зависимость между поверхностным загрязнением, годовой дозой (1990) и дозой за всю жизнь (1990–2060)[a]

Уровень поверхностного загрязнения местности		Годовая эффективная эквивалентная доза в 1990 (мЗв)	Эффективная эквивалентная доза за всю жизнь (1990-2060) (мЗв)
(Ки/км^2)	(кБк/м^2)		
5–10	185–370	2,2–3,7	37–62
10–15	370–555	3,7–5,1	62–87
15–20	555–740	5,1–6,6	87–111
20–25	740–925	6,6–8,1	111–136
25–30	925–1110	8,1–9,6	136–161
30–35	1110–1295	9,6–11	161–186
35–40	1295–1480	11–12,5	186–210
40–60	1480–2220	12,5–18,4	210–309
60–80	2220–2960	18,4–24,3	309–408
>80	>2960	>24,3	>408

[a] Дозы рассчитаны при условии, что никаких защитных мер не предпринималось.

рической модели, разработанной в Институте биофизики МЗ СССР в Москве. Модель основывается на простых выражениях, которые используются для получения значения внутренней и внешней дозы за определенный год (t) в зависимости от поверхностного загрязнения цезием-137 при отсутствии каких-либо ограничений.

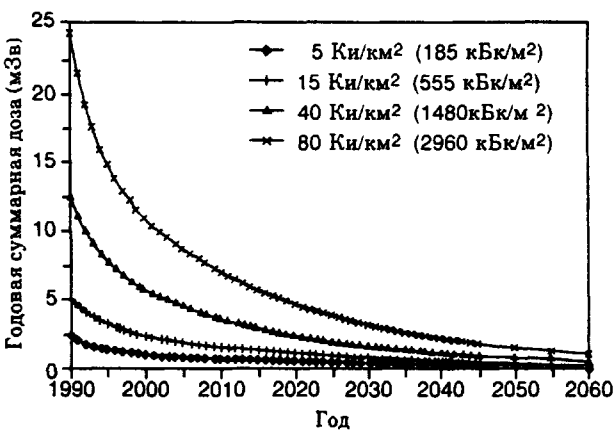


Рис. 2-2. Изменение годовой дозы с течением времени. Оценка дается при условии, что защитные меры не предпринимались

2-4.1. Дозиметрическая модель

Внутренняя и внешняя эффективные дозы облучения за определенный год выводятся с помощью следующей формулы:

Внешняя доза

$$H_{г,внеш.}(t) = \frac{0,28}{k} C\,(0,7e^{-0,3t} + 0,3e^{-0,024t})$$

[мЗв/г],

где — t = 0 для 1988 года; C — уровень загрязнения местности цезием-137 (Ки/км^2); k — поправочный коэффициент для учета консерватизма исходной модели, разработанной Институтом биофизики МЗ СССР.

Внутренняя доза облучения

$$H_{г,внутр.}(t) = \frac{1}{k}(0,28C + 1,1232) \times$$

$$\times (e^{-0,05t} + 0,43e^{-0,35t})\ [мЗв/г].$$

Таблица 2-4

Изменение средней индивидуальной дозы за год в период с 1990 по 2060 гг. для территорий с уровнем загрязнения цезием-137 в 1990 г. 40 Ки/км^2 (1480 кБк/м^2)

Год	t	Внешняя доза	Внутренняя доза	Суммарное значение (мЗв)	Процент	Накопл. процент
1990	2	4,41	8,07	12,48	5,93	5,93
1991	3	3,71	7,30	11,02	5,23	11,17
1992	4	3,18	6,68	9,87	4,69	15,86
1993	5	2,78	6,17	8,95	4,25	20,11
1994	6	2,47	5,74	8,21	3,90	24,01
1995	7	2,24	5,37	7,60	3,61	27,63
1996	8	2,05	5,04	7,09	3,37	31,00
1997	9	1,90	4,75	6,65	3,16	34,16
1998	10	1,78	4,49	6,27	2,98	37,14
1999	11	1,69	4,25	5,93	2,82	39,96
2000	12	1,61	4,02	5,63	2,68	42,63
2001	13	1,54	3,82	5,36	2,54	45,18
2002	14	1,48	3,62	5,10	2,42	47,60
2003	15	1,43	3,44	4,87	2,31	49,92
2004	16	1,38	3,27	4,65	2,21	52,13
2005	17	1,34	3,11	4,45	2,11	54,24
2006	18	1,30	2,95	4,26	2,02	56,26
2007	19	1,27	2,81	4,07	1,94	58,20
2008	20	1,23	2,67	3,90	1,85	60,05
2009	21	1,20	2,54	3,74	1,78	61,83
2010	22	1,17	2,41	3,59	1,70	63,53
2011	23	1,14	2,30	3,44	1,63	65,17
2012	24	1,11	2,18	3,30	1,57	66,74
2013	25	1,09	2,08	3,16	1,50	68,24
2014	26	1,06	1,98	3,04	1,44	69,68
2015	27	1,04	1,88	2,91	1,38	71,07
2016	28	1,01	1,79	2,80	1,33	72,40
2017	29	0,99	1,70	2,69	1,28	73,67
2018	30	0,96	1,62	2,58	1,23	74,90
2019	31	0,94	1,54	2,48	1,18	76,07
2020	32	0,92	1,46	2,38	1,13	77,21
2021	33	0,90	1,39	2,29	1,09	78,29
2022	34	0,87	1,32	2,20	1,04	79,34
2023	35	0,85	1,26	2,11	1,00	80,34
2024	36	0,83	1,20	2,03	0,97	81,31
2025	37	0,81	1,14	1,95	0,93	82,23
2026	38	0,79	1,08	1,88	0,89	83,13

Таблица 2-4 (продолжение)

Год	t	Внешняя доза	Внутренняя доза	Суммарное значение (мЗв)	Процент	Накопл. процент
2027	39	0,78	1,03	1,81	0,86	83,98
2028	40	0,76	0,98	1,74	0,83	84,81
2029	41	0,74	0,93	1,67	0,79	85,60
2030	42	0,72	0,89	1,61	0,76	86,37
2031	43	0,70	0,84	1,55	0,74	87,10
2032	44	0,69	0,80	1,49	0,71	87,81
2033	45	0,67	0,76	1,43	0,68	88,49
2034	46	0,66	0,73	1,38	0,66	89,15
2035	47	0,64	0,69	1,33	0,63	89,78
2036	48	0,62	0,66	1,28	0,61	90,39
2037	49	0,61	0,63	1,24	0,59	90,98
2038	50	0,60	0,59	1,19	0,57	91,55
2039	51	0,58	0,57	1,15	0,55	92,09
2040	52	0,57	0,54	1,11	0,53	92,62
2041	53	0,55	0,51	1,07	0,51	93,12
2042	54	0,54	0,49	1,03	0,49	93,61
2043	55	0,53	0,46	0,99	0,47	94,08
2044	56	0,52	0,44	0,96	0,45	94,54
2045	57	0,50	0,42	0,92	0,44	94,97
2046	58	0,49	0,40	0,89	0,42	95,40
2047	59	0,48	0,38	0,86	0,41	95,81
2048	60	0,47	0,36	0,83	0,39	96,20
2049	61	0,46	0,34	0,80	0,38	96,58
2050	62	0,45	0,33	0,77	0,37	96,95
2051	63	0,44	0,31	0,75	0,35	97,30
2052	64	0,43	0,30	0,72	0,34	97,64
2053	65	0,42	0,28	0,70	0,33	97,97
2054	66	0,41	0,27	0,67	0,32	98,29
2055	67	0,40	0,25	0,65	0,31	98,60
2056	68	0,39	0,24	0,63	0,30	98,90
2057	69	0,38	0,23	0,61	0,29	99,19
2058	70	0,37	0,22	0,59	0,28	99,47
2059	71	0,36	0,21	0,57	0,27	99,74
2060	72	0,35	0,20	0,55	0,26	100,00
Всего		74,75	135,71	210,45		

Исходное значение коэффициента k, предложенное Институтом биофизики МЗ СССР, составляет 1,7. Это значение хорошо согласуется с расчетами, выполненными Всесоюзным научным центром радиационной медицины в Киеве [6], а также с независимыми оценками, проведенными группой экспертов по оценке доз в рамках Проекта. Следует отметить, что поправочный коэффициент 1,7 учитывает только известный консерватизм, основанный на измерениях, выполненных до 1990 года. Существует вероятность наличия дополнительного консерватизма в предполагаемой оценке периода полувыведения цезия-137 из окружающей среды, что может сделать величину k еще большей. Используя два вышеупомянутых уравнения, можно дать оценку эффективной эквивалентной дозы в течение жизни следующим образом:

Эффективная эквивалентная доза в течение жизни за период с 1990 по 2060 гг.

$$H_{г,\ внешн.} = \frac{3{,}18}{k} C \quad [мЗв];$$

$$H_{г,\ внутр.} = \frac{1}{k} (21 + 5{,}24C) \quad [мЗв];$$

$$H_{г,\ общая} = \frac{1}{k} (21 + 8{,}42C) \quad [мЗв].$$

Данные выражения действительны только при оценке средней дозы на единицу загрязнения; в частности, внутренняя доза на единицу загрязнения может быть различной в зависимости от характеристик почвы и методов ведения сельского хозяйства. При оценке доз по отдельным населенным пунктам следует использовать другие методы оценки, которые бы учитывали местные условия. В целом, внутренние дозы более тесно связаны с концентрацией радиоактивности в молоке, а не с загрязнением почвы.

Для отдельных населенных пунктов был проведен ограниченный анализ чувствительности. Внутренняя доза значительно отличается от среднего значения, полученного при использовании указанных выше выражений.

2-4.2. Зависимость между загрязнением местности, средней годовой дозой и дозой в течение жизни

Зависимость между дозой и уровнем загрязнения основывается на приведенных выше уравнениях и приводится в табл. 2-3.

Таблица 2-5
Процент эффективной эквивалентной дозы за всю жизнь, полученной за определенные периоды времени[a]

Период	Процент от дозы за всю жизнь
1990–1994	20
1995–1999	16
2000–2004	12
2005–2009	10
2010–2014	8
2015–2019	6
2020–2024	6
2025–2029	4
2030–2039	7
2040–2060	7

[a] Оценка данных при условии, что защитные меры не предпринимались.

2-4.3. Изменение годовых доз с течением времени

На рис. 2-2 показано изменение дозы с течением времени на период с 1990 по 2060 гг. для различных уровней загрязнения (5, 15, 40 и 80 Ки/км^2) (185, 555, 1480 и 2960 кБк/м^2).

В качестве примера в табл. 2-4 представлено изменение средней индивидуальной дозы в течение периода с 1990 по 2060 годы для территорий с уровнем загрязнения цезием-137 40 Ки/км^2 (1480 кБк/м^2).

Данные по дозе, полученной за определенный период в процентном отношении к дозе за всю жизнь, приводятся в табл. 2-5.

2-4.4. Коллективная доза

При полном отсутствии контрмер суммарная коллективная доза за период с 1990 по 2060 гг. для людей, проживающих в контролируемых зонах и зоне жесткого контроля, по оценкам составляет 54 000 чел.-Зв. Эта коллективная доза рассчитана на основе распределения населения в контролируемых зонах и зонах жесткого контроля [1] при условии, что численность населения и

Таблица 2-6

Распределение коллективной дозы за всю жизнь (1990–2060 гг.) при различных уровнях загрязнения местности[a]

Уровни загрязнения		Численность населения	Процент	Коллективная эффективная доза за жизнь (чел.-Зв)
(Ки/км^2)	(кБк/м^2)			
5–10	185–370	411 800	58,4	20 370
10–15	370–555	87 200	12,4	6 472
15–20	555–740	117 900	16,7	11 668
20–25	740–925	28 100	4	3 476
25–30	925–1110	24 900	3,5	3 698
30–35	1110–1295	15 700	2,2	2 719
35–40	1295–1480	5 300	0,7	1 049
40–60	1480–2220	10 400	1,5	2 702
60–80	2220–2960	3 400	0,5	1 220
>80	>2960	900	0,1	412
Всего		705 600	100	53 786

[a] Оценка дана при условии, что защитные меры не предпринимались.

его возрастная структура будут оставаться постоянными в течение всего периода времени. Распределение коллективной дозы в зависимости от уровня загрязнения местности приводится в табл. 2–6.

2–5. Затраты и эффективность контрмер

Для снижения уровня облучения в "контролируемых районах" может предусматриваться целый ряд контрмер, например, ограничение в потреблении загрязненных продуктов питания, технические меры в области сельского хозяйства, связанные либо с дезактивацией почв, либо с защитой населения, когда это возможно с помощью соответствующих защитных средств и т. д. [7].

В рамках отведенного времени оказалось невозможным получить полные данные по затратам на различные отдельные контрмеры и об их эффективности для оценки их в смысле снижения доз. Из-за отсутствия таких данных модель рассматривала защитные меры только по двум большим категориям контрмер:

— переселение людей;
— улучшение условий жизни.

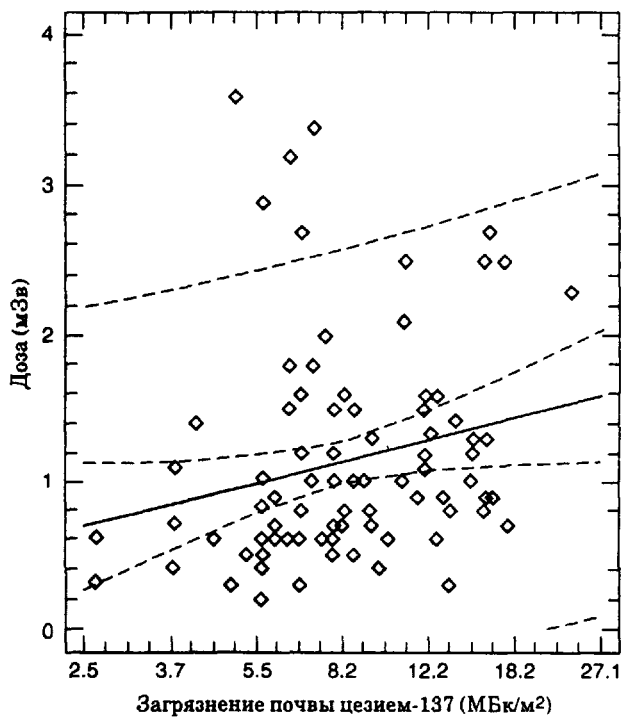


Рис. 2-3. Различие во внутренних дозах облучения в зависимости от поверхностного загрязнения цезием-137 для ряда населенных пунктов в 1989 г. [Источник: [8]]

Улучшение условий жизни представляет собой целый ряд мероприятий, предпринятых в трех республиках в отношении населения, которое продолжает проживать в загрязненных районах, включая снабжение его "чистыми" продуктами питания.

2-5.1. Эффективность

2-5.1.1. Улучшение условий жизни

Лишь малая часть многочисленных мер, предпринятых для улучшения условий жизни, оказала значительное влияние на величины полученной дозы облучения; самым важным фактором при этом является, по-видимому, обеспечение населения чистыми продуктами питания. По модели предполагается, что это единственная защитная мера для снижения дозы облучения, и при этом не учитывается влияние на дозу снижения уровня загрязнения местности в результате применения специальных мер дезактивации.

Временные рамки применения мер по улучшению условий жизни не установлены. Государственная союзно-республиканская программа первоначально была рассчитана на 3-летний период времени (1990–1992 гг.); решение о продолжении работ в дальнейшем, а также о форме их осуществления будет приниматься в будущем. Из-за отсутствия конкретной информации по этому вопросу было сделано допущение, что эти меры будут предприниматься только в период действия текущей Государственной программы; однако, оценивалась и зависимость результатов от мер, в случае их применения в течение 5 и 10 лет.

Эффективность защитных мер в области сельского хозяйства, направленная на снижение внутренней дозы облучения, оценивалась Линге и др. [8]. На рис. 2-3 представлен график зависимости внутренней дозы за 1989 г. от уровня поверхностного загрязнения цезием-137. На основе дозиметрических данных по ряду населенных пунктов в 1989 г. ниже приводится зависимость между уровнем концентрации и внутренней дозой облучения за 1989 г.:

$$\text{Внутренняя доза в 1989 г.} = -0{,}17 + 0{,}95 \log_{10} C,$$

где C — уровень поверхностного загрязнения цезием-137 (Ки/км^2).

Из-за неопределенностей, связанных с интенсивностью снижения доз в будущем, было сделано консервативное допущение, что при наличии ограничений по ведению сельского хозяйства внутренняя доза облучения, отмеченная в 1989 г., будет таковой и в каждый последний год в течение всего периода применения мер по улучшению условий жизни (при отсутствии защитных мер доза была бы, возможно, и меньше).

Таблица 2-7

Число людей, подлежащих отселению в соответствии с Государственной союзно-республиканской программой

	Количество отселяемых людей
БССР	93 700
РСФСР	84 200
УССР	40 600
СССР	218 900

2-5.1.2. Переселение (отселение)

Предполагается, что переселение во всех отношениях является эффективной мерой; доза считается равной нулю, как только население покинуло загрязненный район. При этом предполагается, что население отселяется в районы с незначительно отличающимся естественным радиационным фоном и не использует загрязненные продукты питания. Вместе с тем следует рассмотреть еще два аспекта этой проблемы. Во-первых, отселение людей из какого-то заданного населенного пункта или ряда населенных пунктов с точки зрения социально-экономических условий может потребовать дополнительного отселения близлежащих населенных пунктов, которые в экономическом отношении зависимы от мест отселения. Во-вторых, в каждой республике может иметься много людей, которые хотят отселения даже в том случае, если уровень загрязнения ниже принятого критерия. (В этой связи при анализе чувствительности был введен коэффициент отселения.)

В табл. 2-7 приводятся данные о численности людей, подлежащих отселению в соответствии с Государственной союзно-республиканской программой, где в качестве критериев для отселения принято следующее:

— все лица, живущие в районах с уровнем загрязнения цезием-137 свыше 40 Ки/км^2 (1480 кБк/м^2),

Таблица 2-8

Базовая структура затрат на 1990–1992 гг. во Всесоюзной программе и программах БССР, РСФСР и УССР

	Млн. руб.	Процент
Всесоюзная программа		
Отселение населения	9 250,6	70,1
Компесанции населению	2 228,0	16,1
Улучшение местных условий	1 307,4	7,6
Медицинское обслуживание	419,6	1,9
Мониторинг окружающей среды	139,8	0,7
Потери в сельском хозяйстве	226,3	1,6
Исследовательские работы	518,3	2,0
Информирование населения	6,8	0,0
Всего	14 096,8	
Строительство газопровода	1 202,0	
Итого	15 298,8	
Программа БССР		
Отселение населения	4 050,3	70,1
Компенсации населению	929,2	16,1
Улучшение местных условий	438,4	7,6
Медицинское обслуживание	110,7	1,9
Мониторинг окружающей среды	40,7	0,7
Потери в сельском хозяйстве	92,4	1,6
Исследовательские работы	116,4	2,0
Информирование населения	0,9	2,0
Итого	5 779,0	
Программа РСФСР		
Отселение населения	3 353,2	73,5
Компенсации населению	367,3	8,1
Улучшение местных условий	233,9	5,1
Медицинское обслуживание	209,5	4,6
Мониторинг окружающей среды	42,2	0,9
Потери в сельском хозяйстве	54,9	1,2
Исследовательские работы	295,1	6,5
Информирование населения	5,1	0,1
Итого	4 561,2	
Программа УССР		
Отселение населения	1 847,1	51,2
Компенсации населению	931,5	25,8
Улучшение местных условий	483,1	13,4
Медицинское обслуживание	99,4	2,8
Мониторинг окружающей среды	56,9	1,6
Потери в сельском хозяйстве	79,0	2,2
Исследовательские работы	106,8	3,0
Информирование населения	0,9	0,0
Итого	3 604,7	

Таблица 2-9

Оценка затрат, взятых из Государственной союзно-республиканской программы [3]
(только для населенных пунктов с уровнем загрязнения свыше 5 Ки/км^2 (185 кБк/м^2) на период с 1990–1992 гг.)

Мера	Затраты (в млн. руб.)
I. "Разовые" затраты	
1. *Отселение:* (Численность населения: 218 900)	
Строительство новых жилых зданий, магазинов	8 167
Компенсация, связанная с отселением	1 083,6
Всего	9 250,6
2. *Улучшение условий жизни:* (Числ. нас.: 581 100)[а]	
Улучшение социальных условий жизни	800
Меры по сельскохозяйственному и промышленному лесоводству	355,4
Создание предприятий по выпуску чистых продуктов питания	152
Строительство газопровода[б]	1 202
Всего	2 509,4
3. *Самостоятельные мероприятия*[в]:	
Создание научно-исследовательских институтов и научных организаций	46,4
Обеспечение материалами для научных и медицинских организаций	84,9
Строительство санаториев	122,5
Всего	253,8
Итого "разовые" затраты	12 013,8
II. Годовые затраты	
1. *Улучшение условий жизни:* (Числ. нас.: 581 100)	
Мониторинг окружающей среды	139,8
Дотации на сельское и лесное хозяйство	226,3
Компенсации:	
в размере 15 руб. в месяц[г]	313,8
Другие виды компенсации[д] (детские сады, бесплатное питание, дополнительный отпуск, увеличение размера пенсий, выплаты премий специалистам)	1 496,7
Информационные услуги	6,8
Всего	2 183,4
2. *Самостоятельные затраты*[в]:	
На деятельность научно-исследовательских организаций и учреждений	387
На специальное медицинское лечение	297,1
Всего	684,1
Итого на "годовые" изменяемые затраты	2 867,5

[а] Затраты для населения, которому предусмотрено улучшение условий жизни = количество людей, проживающих в районах с уровнем загрязнения свыше 5 Ки/км^2 (185 кБк/м^2) (в отчете = 800 000) минус количество уже отселенных людей.

[б] В условиях отсутствия дополнительной информации здесь допускается существование линейной зависимости между стоимостью затрат на строительство газопровода и численностью населения, охваченного газификацией.

[в] Предполагается, что данные затраты будут иметь место вне зависимости от отселения или улучшения условий жизни.

[г] Эти затраты составлены из расчета ежемесячной компенсации каждому человеку в размере 15 рублей на 581 100 человек.

[д] Вследствие отсутствия подробной информации о количестве населения, охватываемого этими видами компенсации, здесь берется допущение, что все затраты относятся к населению, проживающему в районах с уровнем загрязнения свыше 5 Ки/км^2 (185 кБк/м^2), и которое будет проживать в этих районах после 1992 г.

Таблица 2-10

Затраты на душу населения, используемые в модели

	На одного человека (в руб.)
Отселение	42 260
Улучшение условий жизни:	
— "разовые" затраты	4 320
— годовые затраты	
<15 Ки/км^2 (555 кБк/м^2)[a]	1 250
>15 Ки/км^2 (555 кБк/м^2)	1 430

[a] Данное разграничение вводится для учета двух уровней компенсации на человека. Здесь допускается, что при загрязнении свыше 15 Ки/км^2 размер денежной компенсации составляет 30 рублей в месяц, а для тех, кто проживает в районах с уровнями загрязнения от 5 до 15 Ки/км^2 — 15 рублей в месяц.

— все семьи с беременными женщинами и детьми в возрасте до 12 лет, проживающие в районах с уровнем загрязнения цезием-137 свыше 15 Ки/км^2 (555 кБк/м^2).

Общее количество отселяемого населения (218 900) гораздо больше, чем численность населения, к которому применим данный критерий. (В соответствии с табл. 2-1, 206 600 человек проживает в районах с уровнем загрязнения выше 15 Ки/км^2 (555 кБк/м^2.)

2-5.2. Затраты

Все данные о затратах в используемой модели брались из Государственной союзно-республиканской программы с учетом средств, выделяемых тремя республиками [2]. (Структура затрат по СССР, Белорусской ССР, РСФСР и Украинской ССР представлена в табл. 2-8.) Данные по затратам, предусмотренным различными программами, экстраполировались на основе показателей начала 80-х годов без каких-либо поправок, отражающих последние изменения в экономике Советского Союза. В этих данных можно четко разграничить две категории затрат: "разовые" и "годовые". Затраты на защитные меры, отселение и улучшение условий жизни приводятся в табл. 2-9. Кроме того, существует и третья категория, охватывающая затраты, которые не зависят от отселения или улучшения условий жизни. Поэтому их можно рассматривать как не зависящие от предпринятых защитных мер.

Данное разделение затрат по категориям несколько отличается от этого разделения в Программе. Введенные изменения предназначены для более наглядного выделения затрат, которые можно отнести к улучшению условий жизни из

Таблица 2-11

Определение стратегий

Стратегия	Критерии для улучшения условий жизни (Уровень А)	Критерии для отселения (Уровень Б)
C1 (5)	—	5 Ки/км^2 (185 кБк/м^2)
C2 (10)	5 Ки/км^2 (185 кБк/м^2)	10 Ки/км^2 (370 кБк/м^2)
C3 (15)	5 Ки/км^2 (185 кБк/м^2)	15 Ки/км^2 (555 кБк/м^2)
C4 (20)	5 Ки/км^2 (185 кБк/м^2)	20 Ки/км^2 (740 кБк/м^2)
C5 (25)	5 Ки/км^2 (185 кБк/м^2)	25 Ки/км^2 (925 кБк/м^2)
C6 (30)	5 Ки/км^2 (185 кБк/м^2)	30 Ки/км^2 (1110 кБк/м^2)
C7 (35)	5 Ки/км^2 (185 кБк/м^2)	35 Ки/км^2 (1295 кБк/м^2)
C8 (40)	5 Ки/км^2 (185 кБк/м^2)	40 Ки/км^2 (1480 кБк/м^2)
C9 (60)	5 Ки/км^2 (185 кБк/м^2)	60 Ки/км^2 (2220 кБк/м^2)
C10 (80)	5 Ки/км^2 (185 кБк/м^2)	80 Ки/км^2 (2960 кБк/м^2)
C11 (—)	5 Ки/км^2 (185 кБк/м^2)	Без отселения

тех, которые связаны с отселением. Некоторые из приведенных затрат можно считать самостоятельными мерами по улучшению условий жизни или отселению людей (т. е. независимыми от стратегии защиты населения).

На основе этих допущений затраты в расчете на душу населения, подлежащего отселению и улучшению условий жизни, приводятся в табл. 2-10.

2-6. Стратегии защитных мер

Принятая Государственная союзно-республиканская программа основывается на следующих критериях отселения и улучшения условий жизни:

— улучшение условий жизни населения, проживающего на территориях с загрязнением свыше 5 Ки/км^2 (185 кБк/м^2);
— отселение населения, проживающего на территориях с уровнем загрязнения свыше 40 Ки/км^2 (1480 кБк/м^2).

Ключевым моментом является оценка затрат и снижение дозы в зависимости от выбираемого критерия для переселения. Два основных критерия мер защиты были объединены в основные направления (стратегии), которые в контексте данной концепции выглядят следующим образом:

Без ограничений	Защитные меры для улучшения условий жизни	Переселение
	Уровень А	Уровень Б

Норма в 5 Ки/км^2 (185 кБк/м^2) была принята в модели за уровень А, так как этот уровень содержится в Государственной программе и относится к границам "контролируемой зоны". Уровень загрязнения, выраженный через годовую дозу в 1990 г. или дозу за всю жизнь, соответствует:

— средней годовой эффективной эквивалентной дозе в 1990 г. = 2,2 мЗв/г;
— средней эффективной эквивалентной дозе за всю жизнь с 1990 по 2060 гг. = 37 мЗв,

с учетом того, что не предпринималось никаких мер защиты. Используя данную модель, был проведен анализ 11 стратегий (табл. 2-11) и, хотя и были получены различные значения уровня Б, этот уровень был принят за предел, начиная с которого требуется отселение.

В табл. 2-12 указано количество людей, нуждающихся в отселении или улучшении условий жизни в соответствии с каждой стратегией.

2-7. Анализ категории "затраты-польза"

Строго говоря, оценка различных стратегий основывается на дифференциальном анализе эффективности затрат [9] и для упрощения далее подобный анализ именуется анализом эффективности затрат. Базовый анализ выполнялся исходя из следующих предпосылок:

(а) Мероприятия, направленные на улучшение условий жизни и, в частности, на обеспечение "чистыми" продуктами населения, рассчитаны только на трехлетний период: 1990-1992 гг. Не планируется проведение каких-либо специальных мероприятий в последующие годы, когда коллективная доза облучения составит 84% от общей. Последнее предположение безусловно ведет к недооценке эффективности сельскохозяйственных мероприятий, осуществленных в течение первых трех лет, которые будут иметь некоторое влияние в последующие годы даже при отсутствии в это время ограничений на продукты питания. Более того, вопрос о проведении защитных мероприятий и после 1992 г. еще только будет рассматриваться.
(б) Предполагается, что затраты на все мероприятия будут произведены в 1990 г.

2-7.1. Выводы

В табл. 2-13 представлены затраты и остаточные коллективные дозы, соответствующие каждой стратегии. Выводы по анализу эффективности затрат приведены в табл. 2-14.

Результаты представлены в единицах предельных затрат на единицу предотвращенной коллективной эффективной эквивалентной дозы. Возьмем в качестве примера стратегию С6. Предельные затраты на чел.-Зв представляют увеличение затрат на отселение и улучшение условий жизни по стратегии С6 и стратегии С7 (т. е. 7007 − 6479 = 528 млн. руб.), поделенное на соответствующую предотвращенную коллективную дозу (т. е. 44 718 − 42 221 = 2497 чел.-Зв).

Таблица 2-12

Численность населения, нуждающегося в отселении или улучшении условий жизни в соответствии с разными стратегиями

Стратегия	Количество лиц	
	Отселение	Улучшение условий жизни
C1	705 600	0
C2	293 800	411 800
C3	206 600	499 000
C4	88 700	616 900
C5	60 600	645 000
C6	35 700	669 900
C7	20 000	685 600
C8	14 700	690 900
C9	4 300	701 300
C10	900	704 700
C11	0	705 600

Таблица 2-13

Затраты и коллективные дозы, соответствующие каждой стратегии

Стратегия	Затраты (млн. руб.)	Остаточная коллективная эффективная эквивалентная доза за 1990–2060 гг. (чел.-Зв)
C1	29 819	0
C2	15 739	18 852
C3	12 758	24 842
C4	8 791	35 618
C5	7 845	38 821
C6	7 007	42 221
C7	6 479	44 718
C8	6 300	45 679
C9	5 950	48 150
C10	5 836	49 262
C11	5 806	49 637

2-7.2. Исходные значения человеко-зиверта

Для оценки эффективности затрат в рамках различных стратегий необходимо ввести некое контрольное значение стоимости человеко-зиверта. "Теоретический" оптимальный уровень загрязнения местности, требующий отселения людей, определяется значением, приписанным данному количеству, если предположить, что затраты на претворение в жизнь соответствующей стратегии и связанная с этим коллективная доза являются единственными двумя рассматриваемыми факторами.

Специалистами в области защиты от радиации предложен широкий диапазон значений для оценки стоимости человеко-зиверта. Наряду с многообразием значений, предлагаемых для различных ситуаций (облучение населения и облучение профессионалов, очень низкие и средние дозы и т. д.), признается, что может быть применено поэтому множество способов получения таких данных, и окончательного консенсуса по этому вопросу не достигнуто [10]. В отсутствии общепринятых критериев стоимости человеко-зиверта в СССР наиболее оправданным при определении контрольных значений считается подход с учетом т. н. человеческого капитала в сочетании с вопросами предотвращения индивидуального риска. Не были согласованы контрольные значения для определения степени предотвращения риска при росте его вероятности; отсутствует согласованное мнение по тому, как эти значения могут изменяться в зависимости от каждой конкретной ситуации. Модель, принятая для определения денежного выражения доз (в человеко-зивертах) в данной оценке, детально описана ниже.

Очевидно, что без учета прочих условий, таких, как предотвращенная доза, очень трудно оправдать стратегию отселения. Базовое значение облучения при низких уровнях индивидуальных доз составляет 5000 рублей на человеко-зиверт. Это значение гораздо ниже самого низкого значения предельных затрат, связанных со стратегией C10 (80 000 рублей).

Модель денежного выражения единицы коллективной дозы

Базовое значение денежного выражения человеко-зиверта ($a_{кон.}$) выводится по следующей формуле:

$$f_{кон.} = \frac{\text{годовой валовой национальный продукт}}{\text{население}} \times \text{СОПЖ/Зв},$$

где СОПЖ/Зв — снижение ожидаемой продолжительности жизни, связанное с 1 Зв. Используя

Таблица 2-14

Коллективная предотвращенная доза и предельные затраты на единицу предотвращенной дозы для различных стратегий

Стратегия	Предовращенная коллективная эффективная доза (1990–2060) (чел.-Зв)	Предельные затраты на единицу предотвращенной коллективной дозы (руб./чел.-Зв)
C1	53 786	746 857
C2	34 934	497 694
C3	28 944	368 165
C4	18 168	295 185
C5	14 964	246 465
C6	11 565	211 604
C7	9 068	185 413
C8	8 106	141 650
C9	5 636	102 868
C10	4 523	80 778
C11	4 148	-

коэффициент риска, предложенный МКРЗ [11], это значение равно 0,95 года:

[(5 × 10^{-2} (смертные случаи раковых заболеваний/чел.Зв) × 15 лет) + (1 × 10^{-2} (генетические последствия/чел.-Зв) × 20 лет)].

С учетом годового валового национального продукта и общей численности населения в СССР в 1987 году (866 млрд. рублей и 289 млн. жителей) базовое денежное выражение человеко-зиверта равно 2850 рублей. 5000 рублей можно принять за округленное денежное выражение человеко-зиверта, если учесть стоимость медицинского обслуживания, связанного с потенциальными последствиями для здоровья, возможное изменение экономической ситуации (рост СНП, инфляция), а также неопределенности различных параметров.

Степень предотвращения облучения, связанная с уровнем облучения, учитывается в денежном выражении человеко-зиверта при использовании следующей простой модели:

$$\alpha_i = \alpha_{ref} (d_i/d_0)^a,$$

где α_i — денежное выражение единицы коллективной дозы для уровня облучения i, α_{ref} — контрольное значение денежного выражения единицы коллективной дозы облучения при уровнях индивидуальной дозы ниже d_0, d_0 — верхняя полоса значений диапазона индивидуальной



Рис. 2-4. Схематическое представление влияния фактора неприятия риска на денежное выражение человеко-зиверта

Таблица 2-15

Контрольные значения человеко-зиверта в зависимости от уровня облучения

Ки/км^2	кБк/м^2	Контрольные значения денежного выражения человеко-зиверта (в рублях на человеко-зиверт)в зависимости от коэффициента предотвращения) риска[a]	
		a = 1,2	a= 1,5
5	185	5 200	5 250
10	370	6 300	6 800
15	555	7 750	9 100
20	740	9 500	11 950
25	925	11 450	15 250
30	1110	13 550	19 000
35	1295	15 700	23 050
40	1480	18 000	27 450
60	2220	27 950	47 900
80	2960	38 800	72 250
100	3700	50 200	99 750

[a] С учетом улучшения условий жизни.

дозы, для которой применимо α_{ref}, d_i — уровень индивидуальной дозы ($d_i > d_0$), а — показатель, отражающий степень предотвращения.

На рис. 2-4 схематически представлено влияние фактора неприятия риска на денежное выражение человеко-зиверта.

В данном виде модель рассчитана на условия, когда уровни индивидуального облучения постоянны. В случае дозы за всю жизнь, связанной с аварийной ситуацией, индивидуальная доза со временем уменьшается. Для учета этого снижения индивидуальная доза взвешивается по годам по следующей формуле:

$$\alpha_i = \alpha_{ref} \frac{\sum_{t=0}^{70} \left(\frac{d_{it}}{d_0} \right)^a}{71}$$

Значения d_0 и а до сих пор являются предметом для обсуждения, т. к. различные авторы предлагают различные значения. В данном анализе в качестве годовой индивидуальной дозы был принят 1 чел.-Зв. Это значение было предложено международными организациями в качестве уровня, который не предполагает принятия каких-либо мер при ядерной аварии (например, см. [12]). Для отражения неопределенности ключевого параметра коэффициента предотвращения риска, а, были приняты значения 1,2 [13] и 1,5 [14].

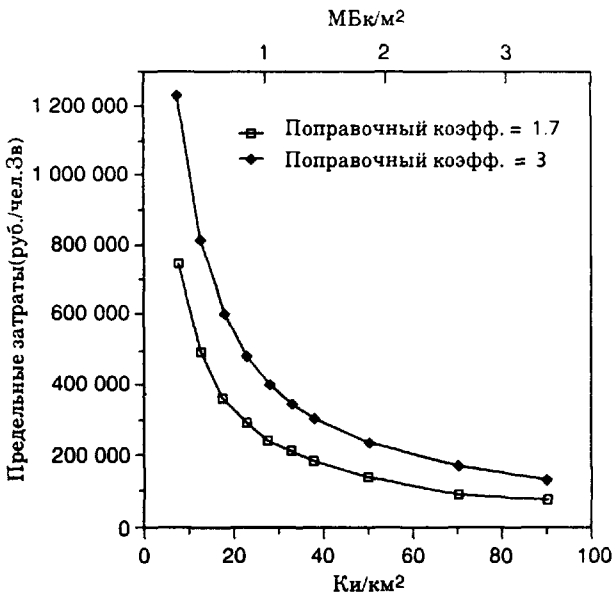


Рис. 2-5. Зависимость предельных затрат на человеко-зиверт предотвращенной дозы от поправочного коэффициента дозиметрической модели

В табл. 2-15 представлены конечные контрольные значения, полученные с помощью данной модели для различных уровней поверхностного загрязнения, а также различные значения коэффициента предотвращения риска. В качестве исходного контрольного значения альфа было принято 5000 рублей.

Принимая во внимание некоторые меры по предотвращению риска и отношение к нему населения, можно обосновать отселение людей, проживающих на загрязненных территориях, что отражается в позиции многих представителей различных республиканских органов. Окончательные выводы полностью зависят от отношения к предотвращению риска. При верхнем пределе коэффициента предотвращения риска, равном 1,5, оправдано отселение населения из районов с уровнем загрязнения более 80 Ки/км^2 (2960 кБк/м^2). Это основывается на предположении, что принимаются меры по улучшению жизни.

2-8. Анализ чувствительности результатов

Как уже было сказано в предыдущих параграфах, стратегии разработаны с использованием ряда предположений, касающихся как дозиметрических, так и экономических параметров модели. В данном контексте было необходимо провести анализ чувствительности с целью оценки устойчивости выводов. Дозиметрические и экономические оценки охватывали трехлетний период (1990-1992 годы), в течение которого принимались меры по улучшению условий жизни, а также предполагали использование поправочного коэффициента (консерватизм модели) 1,7.

2-8.1. Консерватизм модели

На рис. 2-5 представлено влияние поправочного коэффициента при учете консерватизма исходной дозиметрической модели. Предельные затраты на единицу предотвращенной дозы, как ожидалось, непосредственно связаны с данным параметром. Это говорит о важности как можно более реалистической оценки доз, если требуется надежное обоснование при принятии оптимальной политики вмешательства.

2-8.2. Экономические параметры

Основными исходными данными анализа экономических параметров являются:

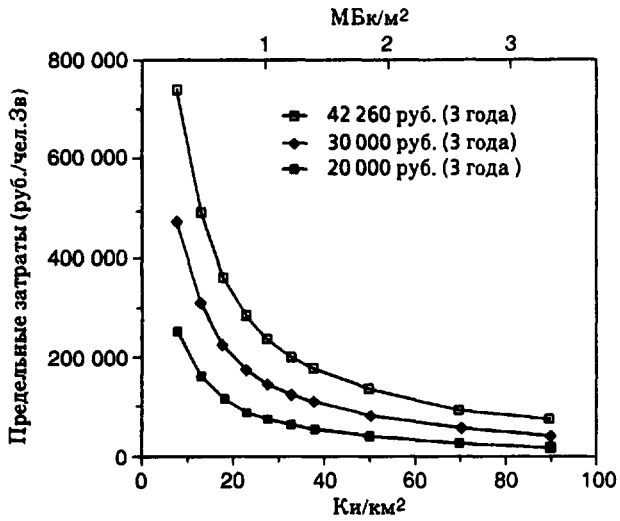


Рис. 2-6. Отношение предельных затрат на человеко-зиверт предотвращенной дозы к затратам на отселение (период улучшения условий проживания — 3 года)

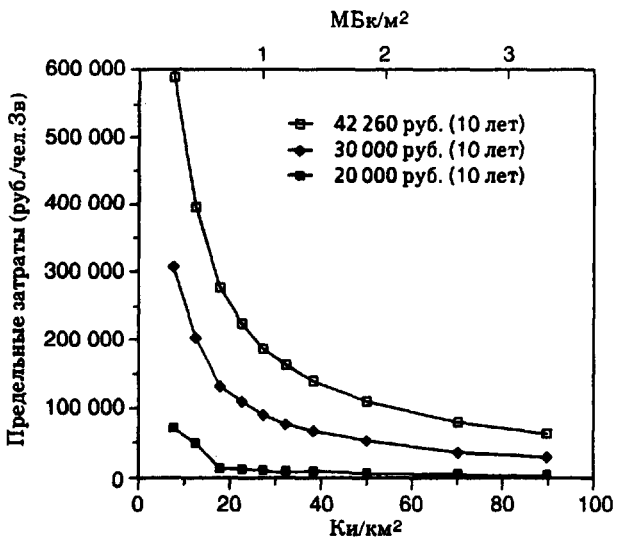


Рис. 2-7. Отношение предельных затрат на человеко-зиверт предотвращенной дозы к затратам на отселение (период улучшения условий проживания — 10 лет)

затраты на переселение одного человека	42 260 рублей;
улучшение условий жизни	
разовые затраты на одного человека	4320 рублей;
годовые затраты на одного человека	
<15 Ки/км^2 (555 кБк/м^2)	1250 рублей;
>15 Ки/км^2 (555 кБк/м^2)	1430 рублей;
коэффициент отселения	1.

Простой анализ показывает значительные различия по предельным затратам на единицу предотвращенной коллективной дозы в зависимости от изменения предполагаемых затрат на переселение и улучшение условий жизни. На рис. 2-6 и 2-7 показано изменение предельных затрат в соответствии с различными затратами на пере-

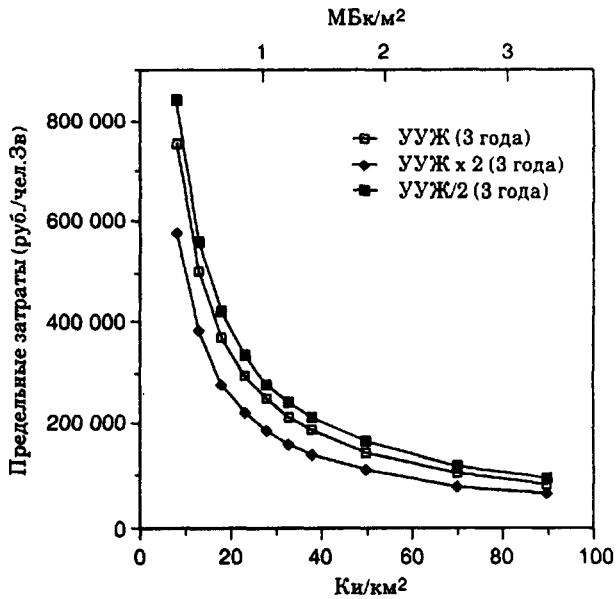


Рис. 2-8. Отношение предельных затрат на человеко-зиверт предотвращенной дозы к затратам на улучшение условий жизни (период улучшения условий проживания — 3 года)

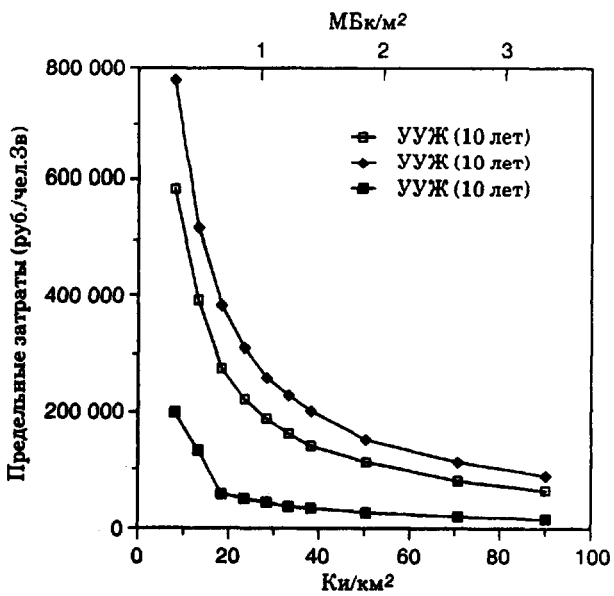


Рис. 2-9. Отношение предельных затрат на человеко-зиверт предотвращенной дозы к затратам на улучшение условий жизни (период улучшения условий проживания — 10 лет)

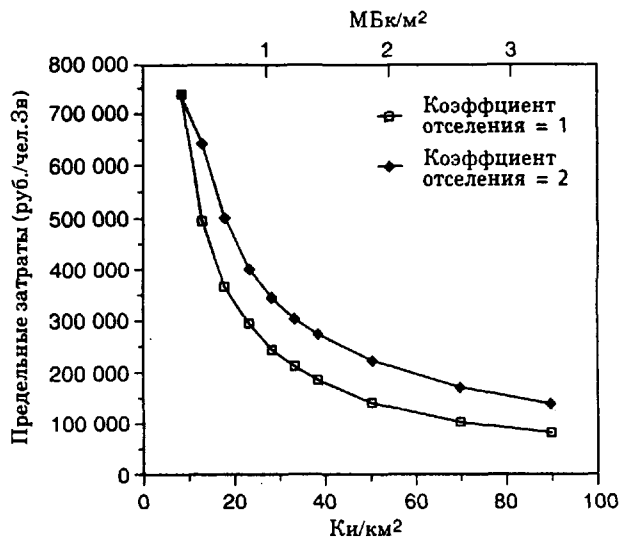


Рис. 2-10. Отношение предельных затрат на человеко-зиверт предотвращенной дозы к коэффициенту отселения

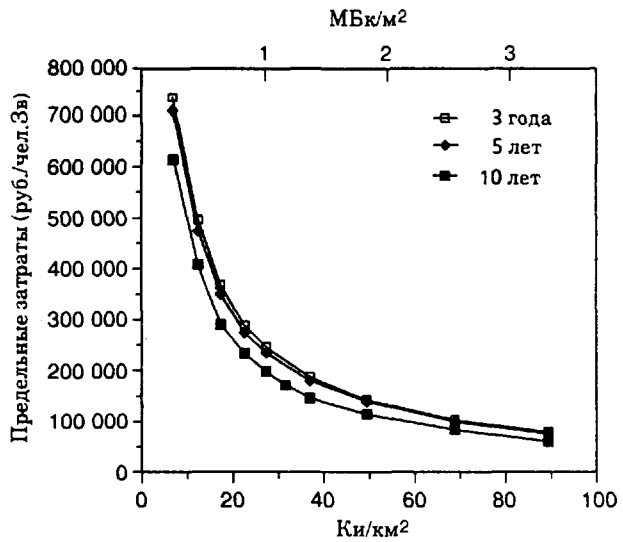


Рис. 2-11. Отношение предельных затрат на человеко-зиверт предотвращенной дозы к количеству лет улучшения условий проживания

селение: основные затраты последовательно снижаются до 30 000 рублей и 20 000 рублей, соответственно. Допускается, что осуществление мероприятий по отселению может занять соответственно три (рис. 2-6) и десять лет (рис. 2-7).

На рис. 2-8 и 2-9 показано изменение предельных затрат в зависимости от затрат на улучшение условий жизни, при условии, что проведение таких мероприятий будет продолжаться три года (рис. 2-8) и десять лет (рис. 2-9). При отсутствии доказательств возможных колебаний были проверены две гипотезы: умножение и деление исходных значений затрат на коэффициент 2.

Выяснилось, что оцененные предельные затраты весьма сильно влияют на затраты по отселению и улучшению условий проживания. Особенно это касается вопросов отселения, когда речь идет о проведении мероприятий по улучшению условий жизни в течение десяти лет. Таким образом, представляется важным определение реалистичности в оценке затрат, принимая во внимание уровни безопасного проживания после 1992 года.

На рис. 2-10 показано влияние коэффициента отселения на окончательные результаты расчетов. Для людей, которые нуждаются в переселении из районов с уровнем загрязнения, не превышающим уровень Б (в соответствии с избранной стратегией), предотвращенная доза рассчитывается на основе средней индивидуальной дозы остающегося населения в соответствии с распределением последнего. Диаграммы показывают, что эффективность отселения сокращается при увеличении этого параметра, и было бы полезно проанализировать данный вопрос более подробно с точки зрения отношения к прямым затратам на переселение.

2-8.3. Продолжительность действия защитных мер

На рис. 2-11 в графическом виде представлено влияние затрат на единицу предотвращенной

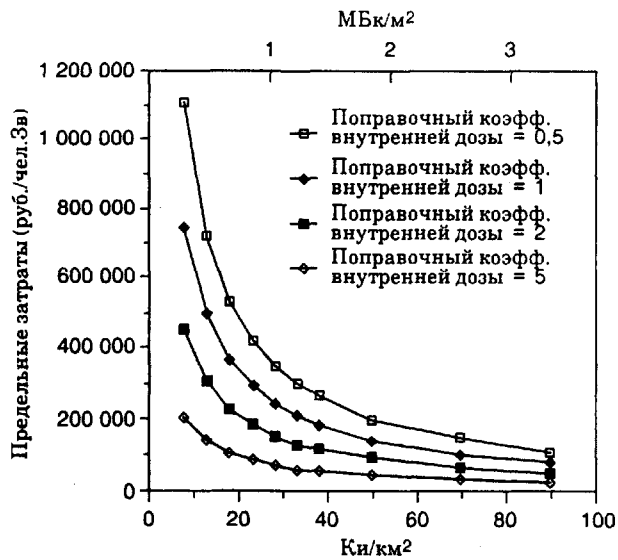


Рис. 2-12. Предельные затраты на предотвращенный человеко-зиверт в зависимости от поправочного коэффициента внутренней дозы

Таблица 2-16

Выводы из анализа чувствительности

Параметр	Значение	Эффективная стратегия затрат с учетом коэффициента предотвращения риска	
		a = 1,2	a = 1,5
Базовый случай	УУЖ = 3 года	C11	C10 (<80)
	УУЖ = 10 лет	C11	C10 (<80)
1. Коэффициент поправки на консерватизм дозиметрической модели			
	3	C11	C11
2. Затраты на отселение			
УУЖ = 3 года	30 000 руб.	C11	C9 (<60)
	20 000 руб.	C9 (<60)	C8 (<40)
УУЖ = 10 лет	30 000 руб.	C9 (<60)	C9 (<60)
	20 000 руб.	C5 (<25)	C4 (<20)
3. Затраты на улучшение условий жизни (УУЖ)			
УУЖ = 3 года	Базовый случай × 2	C11	C10 (<80)
	Базовый случай /2	C11	C10 (<80)
УУЖ = 10 лет	Базовый случай × 2	C8 (<40)	C8 (<40)
	Базовый случай /2	C11	C10 (<80)
4. Коэффициент отселения			
УУЖ = 3 года	2	C11	C11
УУЖ = 10 лет	2	C11	C11
5. Изменение внутренней дозы (УУЖ = 3 года)			
	Базовый случай × 2	C10 (<80)	C9 (<60)
	Базовый случай /2	C11	C11

дозы при рассмотрении вопросов улучшения условий проживания в течение трех, пяти и десяти лет. Изменение этого параметра не нарушает устойчивости системы, поскольку остальные факторы сохраняют исходный уровень значений.

2-8.4. Поправочный коэффициент внутренней дозы

Дозиметрическая модель, использованная при описываемой оценке, основана на усредненной зависимости между данным уровнем радиоактивного загрязнения местности и соответствующими внутренними и внешними дозами. На практике различия в характере такой зависимости могут обуславливаться многими факторами, как, например, особенностями почвы или принятой практикой ведения сельскохозяйственных работ. В особенности эта зависимость имеет значение для внутренних доз. С целью выяснения возможных трудностей, связанных с применением такой методики, для ряда населенных пунктов Могилевской области, по которым имелись подробные дозиметрические данные, был выполнен

Таблица 2-17

Демографические данные по СССР: годовая смертность за 1987 год [16]

Возраст	Население (в тыс.)		Смертность (на 100 000 чел.)	
	Мужчины	Женщины	Мужчины	Женщины
0	2 811	2 691	2 854,6	2206,6
1–4	10 652	10 226	246,9	221
5–14	23 230	22 523	63,1	37,7
15–24	21 535	21 029	146,5	58,9
25–34	23 750	23 421	262,7	89,7
35–44	15 419	15 972	471,4	171,8
45–54	16 052	18 170	1 111,3	422
55–64	12 215	17 356	2 418,8	1082,2
65–74	4 446	10 214	5 341,2	2937
75 и более	2 712	8 322	11 981,1	9149,7

Таблица 2-18

Годовая дополнительная вероятность смертных случаев[а]

Возраст населения (лет)	Годовая смертность на 100 000 чел. при отсутствии облучения[б]	Увеличение по годам вероятности смертных исходов на 100 000 чел., родившихся в 1990 г. и постоянно проживающих на загрязненных территориях		
		5 Ки/км^2 (185 кБк/м^2)	15 Ки/км^2 (555 кБк/м^2)	40 Ки/км^2 (1480 кБк/м^2)
1	234	0	0	0
10	50,6	0,5	1,3	3
20	103,2	2	4,5	11
30	176,8	3,8	8,5	22
40	319	7,5	18	42
50	745,3	20	45	108
60	1634,3	53	125	301
70	3666,1	126	292	704
80	9845,6	223	517	1244

[а] Вероятность оценивается при условии, что меры защиты не предпринимаются.

[б] Основано на советских демографических данных за 1987 г. [16].

ограниченный анализ устойчивости системы к изменению параметров.

В силу ограниченного характера проведенного анализа, его результаты следует рассматривать лишь с точки зрения важности вышеуказанного параметра. Более того, для проведения надлежащего анализа по населенным пунктам необходимо учитывать отклонения от исходных значений других параметров, например, затраты на отселение и т. д. В результате сравнения дозы в течение жизни с использованием конкретных данных по данному населенному пункту и дозы в течение жизни, рассчитанной с использованием основной дозиметрической модели (раздел

2-4.1), выводится соотношение, значение которого находится в диапазоне 0,6-5,3 с преимущественным присутствием на отрезке 1-2. Затраты на единицу предотвращенной дозы рассчитывались по отдельным населенным пунктам с использованием средних значений затрат на отселение и улучшение условий проживания. На рис. 2-12 представлен характер распределения затрат на человеко-зиверт в соответствии с поправочным коэффициентом внутренней дозы.

2-8.5. Комментарии

Ряд проведенных анализов чувствительности системы не вносит значительных изменений в выводы по оценке базовых данных (см. табл. 2-16). Результаты этих анализов показывают, что отселение людей из районов с уровнем загрязнения 40 Ки/км^2 (1480 кБк/м^2) было бы оправдано лишь в том случае, если бы структуры затрат носили принципиально иной характер, особенно затраты на отселение. Значительное возрастание затрат на улучшение условий жизни при неизмененных затратах на отселение вполне может привести к положению, когда будет выгоднее отселять большую часть населения. Точно так же значительное снижение затрат на отселение может привести к тем же результатам, если затраты на улучшение условий проживания будут соответствовать высоким оценочным значениям. Данные результаты еще раз показывают, что важно провести дополнительное исследование с тем, чтобы снизить неопределенность в отношении затрат на возможные контрмеры. Однако, эти затраты в значительной мере зависят от развития экономической ситуации в различных республиках, и предсказать их очень трудно.

2-9. Анализ риска

Предлагаемые меры защиты направлены на уменьшение последствий для здоровья населения, подвергаемого воздействию радиации. В этом контексте интересно выразить ожидаемые уровни воздействия радиации (с учетом мер защиты и без их учета) через количества заболеваний раком с летальным исходом, используя новые коэффициенты риска, предложенные НКДАР ООН [15].

В табл. 2-17 представлены демографические данные по СССР (16), которые использовались для определения дополнительного риска для людей, проживающих на загрязненных территориях.

Следует отметить, что исходная средняя продолжительность жизни мужчин и женщин в СССР составляет около 70 лет. На основе этих данных для расчета риска в течение жизни (и его распространение по времени), выраженного в количестве смертельных исходов в результате заболевания раком или смертности в год [17], была использована компьютерная программа CEPN. Оценки были сделаны для ребенка, родившегося в 1990 г. и проживающего на территории с уровнем загрязнения 5, 15 и 40 Ки/км^2 (185, 555 и 1480 кБк/м^2). Данные оценки основаны на следующих предположениях:

Таблица 2-19

Риск в течение жизни для людей, родившихся в 1990 году[a]

	Уровень поверхностного загрязнения		
	5 Ки/км^2 (185 кБк/м^2)	15 Ки/км^2 (555 кБк/м^2)	40 Ки/км^2 (1480 кБк/м^2)
Среднее количество избыточных летальных исходов на 100 000 чел.	111	260	628
Сокращение продолжительности жизни (день/чел.)	6,4	15	35,8

[a] Воздействие оценивается при условии, что защитные меры не принимаются.

Таблица 2-20

Среднее снижение индивидуального риска (предотвращение заболевания раком и увеличение продолжительности жизни) и связанные с этим предельные затраты[а]

Стратегия	Количество отселенных людей	Средний индивидуальный риск заболевания раком со смертельным исходом (на 100 000 чел.)[б]	Среднее индивидуальное увеличение продолжительности жизни (год)[б]	Предельные затраты на предотвращенное заболевание раком (млн.руб.)	Предельные затраты на сохраненный человеко-год (млн.руб.)
C1 (5)	705 600	223	0,04	29,2	1501,2
C2 (10)	293 800	332	0,05	19,4	1004,6
C3 (15)	206 600	380	0,06	14,6	743,0
C4 (20)	88 700	501	0,08	11,6	595,4
C5 (25)	60 600	566	0,09	9,8	496,4
C6 (30)	35 700	660	0,10	8,4	425,4
C7 (35)	20 000	783	0,13	7,4	374,2
C8 (40)	14 700	857	0,14	5,6	284,2
C9 (60)	4 300	1105	0,18	4	205,0
C10 (80)	900	1334	0,21	3,2	160,0
S11 (—)	0	0	0	0	0

[а] Оценка произведена при условии, что проживания не улучшаются.

[б] Средние значения индивидуального риска заболевания раком со смертельным исходом и увеличения продолжительности жизни являются результатом применения той или иной стратегии (т.е. снижения значения критерия отселения с 60 до, например, 40 Ки/км^2 (2220 до 1480 кБк/м^2) on C10 до C9).

— доза в течение жизни распределяется по времени в соответствии с уравнением, приведенным в разделе 4;
— значение риска получено из текущих демографических данных по СССР с учетом того, что дополнительная смертность возникает в результате облучения, которое может быть получено в возрасте от 0 до 100 лет.

Дополнительная вероятность заболеваний раком с летальным исходом для других возрастных групп будет ниже, чем величина, полученная при оценке. В табл. 2-18 представлены данные по годовой дополнительной вероятности смерти для ребенка, родившегося в 1990 г., и зависимость этих данных от времени и уровня загрязнения местности. Эти результаты были получены с помощью коэффициентов риска НКДАР ООН [15] (при облучении, связанном с высокими дозами и уровнями), поделенных на два, с тем чтобы учесть различие в дозах и в мощности доз.

На основе роста ежегодного числа смертных случаев средний риск за всю жизнь определялся для тех, кто родился в 1990 г. В табл. 2-19 приводятся данные по дополнительным смертным случаям и ожидаемому снижению продолжительности жизни в зависимости от уровня загрязнения территории.

Наконец, в табл. 2-20 представлены средние значения индивидуального риска предотвращенных заболеваний раком со смертельным исходом и среднее индивидуальное увеличение продолжительности жизни с учетом косвенных затрат для различных стратегий.

2-11. Выводы

Представленный выше анализ является попыткой сведения в единую последовательную систему всех имеющихся данных, касающихся затрат и величины предотвращенной дозы для населения, проживающего в районах, подвергшихся радиоактивному загрязнению в результате аварии на Чернобыльской АЭС. В идеальном случае, анализ следовало бы провести по отдельным населенным пунктам, надлежащим образом учитывая разночтения в дозиметрических и экономических данных на местах. Однако, из-за

ограниченного характера данных такой подход был невозможен. Разработанная модель широко обсуждалась и в своем настоящем виде представляет собой, как кажется, лучший возможный путь решения проблемы, учитывая имевшиеся в распоряжении данные и различные неопределенности.

Используя в качестве точки отсчета количество человеко-зивертов, рассчитанное исходя из соображений человеческого капитала, любое отселение из контролируемых зон представляется неоправданным. С определенной поправкой на предотвращение риска результаты показывают, что веские доводы в пользу проведения защитных мероприятий помимо запланированных отсутствуют, если затраты на отселение не превышают исходных значений. Данный вывод справедлив до тех пор, пока затраты по защитным мерам и снижение риска являются единственными факторами, которые учитываются лицами, принимающими решения. Принятие во внимание некоторых иных факторов, например, социального или политического характера, могло бы оправдать проведение более жестких мероприятий.

Анализы чувствительности к изменению ключевых параметров модели не оказывают существенного воздействия на конечные результаты. Что касается проблем риска, то анализ подтверждает относительно низкое воздействие облучения на население. С точки зрения распределения средств было бы полезно произвести оценку эффективности мер по защите или безопасности, принятых в СССР в области здравоохранения с целью сохранения жизни людей, страдающих от серьезных заболеваний, или улучшения условий их проживания. К сожалению в силу нехватки времени, получить доступ к такой информации в ходе работы над Проектом не удалось. В будущем такой анализ позволит более четко представить картину скрытых затрат, связанных с мероприятиями, направленными на сохранение жизни людей или человеко-лет жизни.

Наконец, результаты исследования показали необходимость продолжения работы в нескольких направлениях. Одно из этих направлений — это степень консерватизма дозиметрических оценок. Эффективность защитных мероприятий следует оценивать с реальных позиций, так как переоценка потенциально вредных для здоровья последствий может привести к неверному распределению средств. Более того, она может привести к появлению дополнительных ненужных стрессов у населения. Во-вторых, следует повторно провести более комплексную оценку эффективности обсуждаемых защитных мер. В настоящее время несколько исследовательских программ по этому важному вопросу находятся в стадии разработки, и их результаты должны быть использованы для подтверждения произведенных оценок. В-третьих, следует провести дополнительное изучение достоверности оценок затрат на отселение и улучшение условий проживания населения и время, которое займет этот процесс, поскольку эти три параметра являются наиболее чувствительными при оценке затрат на единицу предотвращенной дозы.

Литература к Приложению 2

[1] LINGE, I.I., Dose Related Distribution of Population from Contaminated Areas (5 Ci/km^2 of ^{137}Cs and above), Institute of Biophysics, USSR Ministry of Health, Moscow (September 1990).

[2] State All-Union and Republican Programme for Urgent Measures for Rectifying the Consequences of the Chernobyl Accident for 1990–1992, Moscow (1990).

[3] Russian Republic Programme for Urgent Measures for Rectification of the Consequences of the Chernobyl Accident for 1990–1995 Moscow (May 1990).

[4] State Programme for 1990–1995 on the Rectification in the Byelorussian Soviet Socialist Republic of the Consequences of the Chernobyl Accident, Minsk (1990).

[5] Ukrainian Programme for Urgent Measures for Rectification of the Consequences of the Chernobyl Accident for 1990–1992, Kiev (1990).

[6] LIKHTAREV, I.A., KOVGAN, L.N., "Doses of irradiation to population as a result of the Chernobyl accident", All-Union Centre for Radiation Medicine of the Academy of Medical Sciences of the USSR, Kiev. Presented at the Seminar on Comparative Assessment of the Environmental Impacts of Radionuclide Releases during Three Major Nuclear Accidents: Kyshtym, Windscale, Chernobyl, 1–5 October 1990, Luxembourg, organized by the Commission of the European Communities and the International Union of Radioecologists.

[7] KIRCHMANN, R., Agricultural Countermeasures Taken in the Chernobyl Region and Evaluation of the Results, Report for the Commission of the European Communities and the International Union of Radioecologists (April 1990).

[8] LINGE, I.I., BARCHUDAROV, R.M., LABUZOV, S.G., NIGIYAN, A.A., SAVKIN, M.N., "Statistical features of irradiation following the Chernobyl accident", in Statistics of Human Exposure to Ionizing Radiation (Proc. CEC Workshop, Oxford, 2–4 April 1990) Radiat. Prot. Dosim. (to be published).

[9] INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION, "Optimization and Decision-Making in Radiological Protection", ICRP Publication 55, Pergamon Press, Oxford and New York (1989).

[10] LOMBARD, J., Proposition for Reference Values for the Cost of the Man-Sievert, CEPN Rep. No. 136 (April 1988) (in French).

[11] INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION, 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, Publication 60, Pergamon Press, Oxford and New York (1990).

[12] NUCLEAR ENERGY AGENCY OF THE OECD, Protection of Population in Case of Nuclear Accident, OECD/NEA, Paris (1990).

[13] NUCLEAR REGULATORY COMMISSION, Optimization of Public and Occupational Radiation Protection at Nuclear Power Plants, prepared for the US NRC, Rep. NUREG/CR-3665, Office of Standards Development, Washington, DC (September 1984).

[14] CLARK, M.J., FLEISHMAN, A.B., The Cost of Collective Dose Equivalent, CEA/NRPB/UKAEA Joint Technical Meeting on Cost-Benefit Analysis, Chilton, 29–30 March (1979).

[15] UNITED NATIONS, Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation (Report to the General Assembly), Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR), E.8IX.7, UN, New York (1988).

[16] WORLD HEALTH ORGANIZATION, 'World Health Statistics Annual', Geneva (1989).

[17] DARBY, S., FAGNANI, F., HUBERT, P., SCHNEIDER, T., THOMAS, D., VAETH, M., WEISS, K., Measures of Lifetime Detriment from Radiation Exposures: Principles and Methods', Rep. CEPN No. 175, Centre d'étude sur l'évaluation de la protection dans le domaine nucléaire, Fontenay-aux-Roses (June 1990).

Приложение 3

Конференции в СССР по принятию решений

3–1. Введение

При планировании настоящего Международного проекта с самого начала существовало понимание того, что при оценке защитных мер, принятых в Советском Союзе, необходимо учитывать не только аспекты радиационной защиты. В числе других факторов, которые будут оказывать влияние на принятие решений, окажутся также и социально-политические факторы. В соответствии с этим, для рассмотрения и учета этих факторов описание Проекта, утвержденное Международным консультативным комитетом, включало использование методов многокомпонентного анализа принятия решений. По мере работы над Проектом постепенно прояснялись требования, предъявляемые к характеру использования этих методов, пока не было решено провести четыре конференции по принятию решений — по одной в каждой из следующих республик: в УССР, БССР и РСФСР и одной на союзном уровне. Цель этих конференций состояла в следующем:

— обеспечить создание структурной системы по ряду проблем принятия решений в связи с аварией на Чернобыльской АЭС, чтобы выявить круг вопросов и способы их решения;
— обобщить для Проекта ключевые социально-экономические и политические факторы, которые, наряду с физическими, радиологическими и медицинскими данными, влияют на меры по переселению и защите населения, проводимые в республиках;
— проиллюстрировать использование и потенциальные возможности методов анализа решений и способов коллективной выработки решений при рассмотрении сложных вопросов.

В заключение была проведена пятая конференция, на которой представители, участвовавшие в предыдущих конференциях, встретились для обсуждения и принятия обобщенной модели, которая могла бы учитывать основные вопросы и проблемы. В данном Приложении содержится информация о проведении этих конференций, принципиальных выводах, которые могут быть сделаны на основе полученных результатов, и о направлении, в котором может быть достигнут консенсус между многочисленными сторонами относительно решений, касающихся переселения населения и принятия защитных мер в СССР.

3–2. Конференции по принятию решений

Существует много методов проведения многокомпонентного анализа принятия решений (см. напр., [1–3]), поэтому нужно было выбрать определенные методы и процедуры их применения. Наиболее подходящей показалась коллективная выработка решений при использовании моделей аддитивных величин. Они обладают многими преимуществами по сравнению с другими методами анализа, которые используются при принятии решений. В частности, коллективная выработка решений на специальных конференциях весьма эффективна для стимулирования обсуждения и выяснения нерешенных вопросов.Поэтому было решено, что такие конференции идеально подходят для достижения поставленных целей. Кроме того, они представляют собой короткие по времени и интенсивные по нагрузке совещания, которые хорошо вписывались в жесткие временные рамки Проекта. Вкратце, конференция для коллективной выработки решений обычно представляет собой двухдневное совещание. В течение этого времени группа людей, ответственных за выработку и проведение определенной политики, обсуждает вместе все основные вопросы и трудности, связанные с решением проблемы, и анализируют факторы, облегчающие выбор направления работы. При решении этой задачи им помогают посредник и специалист-аналитик, которые направляют ход работы конференции и показывают, как использовать модели принятия решений, предоставляя участникам обсуждения полную возможность сосредоточить свои усилия на содержании проблемы. При проведении такой конференции посредник и аналитик составляют модель принятия решений по вопросу, поставленному перед группой. Фактически, они обычно строят последовательный ряд моделей, каждая из которых представляет собой переработку или развитие предыдущей и соответствует тому представлению о проблеме, которое на данный момент сформировалось у группы [4, 5]. Оценка исходных суждений, необходимых для решения каждой проблемы, вызывает большие дискуссии в группе. Именно эта

способность стимулировать направленное обсуждение и является одной из сильных сторон таких конференций. При обсуждении величины, которая соотносится с тем или иным исходным суждением, группа сосредотачивает свое внимание на отдельных вопросах, избегая тем самым неизбежных ошибок и заблуждений, когда одновременно обсуждается много вопросов. Хотя во многих случаях участники приходят к одному и тому же мнению в оценке величин, которые должны быть использованы, по другим неминуемо возникают разногласия. При проведении анализа зависимости результаты модели могут рассматриваться с помощью широкого диапазона численных величин для получения оценок, по которым группа не может согласиться. Часто оказывается, что окончательный ряд расположения альтернатив не изменяется вообще или изменяется незначительно в результате вариаций в пределах всего диапазона численных значений, предложенных участниками. Естественно, что в некоторых случаях действительно происходят значительные изменения в расстановке альтернатив, и группа вынуждена продолжить обсуждение численных величин, которые в дальнейшем и будут использованы. И снова задача анализа сводится к тому, чтобы сосредоточить внимание участников дискуссии на самом важном. Процесс коллективной выработки решений более подробно описан в дополнении к Приложению 3.

Строго говоря, в рамках настоящего Проекта проведены не конференции по принятию решений, а скорее совещания со структурой таких конференций. Как уже отмечалось, основной целью этих конференций было создание структурной системы по проблемам и выяснение вопросов для оценки всех факторов в рамках Проекта, оказывающих влияние на принятие решений в отношении переселения и других защитных мер. Кроме того, ставилась задача проиллюстрировать использование и потенциальные возможности данного метода. Вместе с тем, не было никакого намерения оказать влияние на систему принятия решений различными компетентными органами на республиканском или союзном уровне, в чем и состоит основная цель каждой настоящей конференции по принятию решений.

3–3. Организация конференций по принятию решений

Успех любой конференции по принятию решений во многом зависит от выбора соответствующих участников и их способности полностью посвятить себя в течение двух дней решению нужной проблемы. В идеальном случае количество участников должно быть от 10 до 15 человек и только в исключительных случаях может быть больше.

Выбор участников проводился соответствующими компетентными органам на республиканском и союзном уровнях. Им была высказана просьба отобрать участников, отвечающих за разработку или формулирование политики или подходов, связанных с ликвидацией последствий аварии в загрязненных населенных пунктах и, в частности, за вопросы переселения и выбора соответствующих критериев. Было высказано также пожелание, чтобы в конференциях по-возможности приняли участие ответственные работники Советов Министров, имеющие отношение к ликвидации последствий чернобыльской аварии, и другие ответственные лица, занимающиеся данным вопросом на региональном уровне. Было также желательно, чтобы эти официальные представители приняли участие в конференциях вместе со своими главными научно-техническими советниками и лицами, отвечающими за практическое проведение в жизнь мероприятий по ликвидации последствий аварии. Предполагалось также участие представителей различных академий. Те же общие принципы были положены в основу отбора участников на заключительную конференцию, в работе которой приняли участие представители каждой из предыдущих конференций.

Каждому участнику было направлено приглашение, в котором были изложены задачи конференции и порядок проведения конференций по принятию решений. Было важно, чтобы эти приглашения создали соответствующую атмосферу в работе конференций. Отсутствие официальности и необычный порядок работы конференций значительно отличали их от официальных совещаний, на которых участники часто начинают выступления с подготовленными докладами, а вся дискуссия проходит через председателя.

В компетентные органы на республиканском и союзном уровнях была передана просьба предоставить для конференции достаточно большое помещение, чтобы можно было удобно расположить всех участников. Кресла необходимо было расставить полукругом, чтобы каждый участник мог видеть всех других во время обсуждения. Необходимо отметить, что перед началом работы конференций последнее требование показалось многим несущественным. Однако, важность этого момента становится понятной, если учесть, что благодаря этому на таких конференциях обеспечивается непринужденная и широкая дискуссия участников, которые непосредственно,

а не через председателя обмениваются своими мнениями.

Для показа моделей решения, которые строились с использованием пакета программных средств HIVIEW [6] и в одном случае пакета VISA [1], использовался эпидиаскоп с панелью, работающей на жидкокристаллических диодах. Для регистрации ключевых идей применялись перекидные учебные таблицы.

Синхронный перевод не применялся. Последовательный перевод обеспечивает значительно более точную передачу всех оттенков значений. Более того, хотя это замедляет ход обсуждения, появляющиеся паузы дают присутствующим время на обдумывание, и весьма спорно, что конференции можно было провести более эффективно.

Проекты докладов по каждой из первых четырех конференций выпускались через несколько дней после их окончания, а в двух случаях это было сделано через день. Было решено, что эти доклады являются конфиденциальными, за исключением случая, когда они могут быть использованы не в дословной форме при составлении Технического доклада. Конфиденциальность при проведении таких конференций является важным моментом, поскольку она способствует свободному обмену идеями и непринужденному обсуждению интересующих участников вопросов и проблем. Более того, численные значения, используемые в любой модели, обычно являются приблизительными. Они представляют собой оценки, которые отражают мнение группы. Передача этих оценок другим лицам, которые не присутствовали на конференции по принятию решений и которые не совсем знают контекст, в котором они были выработаны, может привести к неправильному пониманию. Отдельный доклад по пятой конференции не был выпущен. Качественные аспекты построенной на ней модели и полученные выводы включены в настоящее Приложение.

3–4. Ключевые вопросы и проблемы

Каждая конференция начиналась с общей дискуссии по ключевым вопросам и проблемам, относящимся к принятию решений о переселении и других защитных мерах, которые можно принять для улучшения условий жизни населения пострадавших районов.

Масштаб аварии. Подчеркивался масштаб аварии. Пострадала большая территория и огромное количество населения. Необходимые для чернобыльского района ресурсы изымались из других мест, где они также были нужны. Проблемы, возникшие в результате аварии, необходимо рассматривать в долгосрочном плане, возможно, на десятки лет вперед.

Необходимость концепции безопасного проживания. Ощущается необходимость концепции "безопасного проживания". Несмотря на то, что участники конференций понимали необходимость выработки будущих стратегий на основе концепции приемлемого риска, она не всегда принимается политиками или общественностью. Существует необходимость в применении международных норм. В нормальных условиях предельная доза величиной 0,1 бэр (1 мЗв) в год используется в качестве планируемой величины максимального облучения от ядерной установки. Как на конференциях, так и в других местах в Советском Союзе существовало мнение, что это же значение должно быть использовано в качестве нижнего предела при разработке стратегий применения защитных мер. Это не означает, что защитные меры будут автоматически применяться в отношении всех живущих в районах, в которых доза облучения превышает 0,1 бэр (1 мЗв) в год. Скорее, это должно означать, что применение защитных мер не должно рассматриваться, если доза облучения меньше этого уровня. Высказывалось также общее мнение по поводу того, что определение концепции безопасного проживания — это проблема, которая касается только ученых. То, что данная концепция включает оценочные суждения и поэтому требует учета мнения политиков и населения, не нашло достаточного понимания. Это особенно важно в то время, когда ученые высказывают разные мнения.

Состояние здоровья населения. Было высказано суждение о том, что первоначальные защитные мероприятия в пострадавших районах не могли существенным образом предотвратить ухудшение состояния здоровья населения возможно потому, что они проводились либо непоследовательно, либо с опозданием. В целом, население отнеслось к ним отрицательно, поскольку они налагали определенные ограничения на привычный образ жизни. По сообщениям, в пострадавших районах наблюдается появление новых проблем, связанных с состоянием здоровья населения: напр., изменения в составе крови, гипотиреоз у детей, обострение хронических заболеваний, увеличение риска патологического течения беременности. Некоторое обсуждение вызвал вопрос, связано ли это непосредственно с чернобыльской аварией, является ли оно следствием стрессовых нагрузок, вызванных аварией, или же просто представляет собой следствие улучшения медицинских осмотров и обследований населения.

Стресс. Риск для здоровья, обусловленный чернобыльской аварией, невелик. Однако, существуют более серьезные факторы, которые необходимо учитывать, и среди них социальная напряженность и нестабильность в стране и связанные с ними проблемы состояния здоровья населения.

Переселение. Переселение приводит к возникновению социально-политических проблем, включая проблемы сохранения местной культуры и "этнической однородности". Люди не хотят переселяться, поскольку их многое связывает со своей родиной. Кроме того, переселение само по себе оказывает большие психологические нагрузки, и полагают, что оно является причиной роста заболеваемости и смертности.

Отсутствие доверия и понимания. Население больше не доверяет получаемой информации, в том числе и информации, исходящей от врачей. Это связано прежде всего с тем, что вначале оно получало мало информации, а затем вдруг много и с большим количеством специальных и часто противоречивых технических данных. Люди доверяют слухам больше, чем официальной информации. Население полагает, что критерии в отношении загрязнения местности достаточны для принятия решения о введении защитных мер, однако между загрязнением почвы и дозой облучения не существует прямой зависимости. Радиоактивные осадки выпадали местами, но люди этого не понимают. Невозможно осуществить переселение некоторых семей, не переселяя соседние. Оказывается значительное давление для принятия более низких критериев для переселения, чем те, которые действуют в настоящее время, однако это давление в значительной мере основано на неверной информации и страхе.

Саркофаг. По мнению населения, поврежденный реактор и дальнейшая эксплуатация блоков 1, 2 и 3 остаются источником опасности, и это усиливает стрессовые нагрузки на население, проживающее в районе Чернобыля. Более того, требуются дополнительные работы на саркофаге, чтобы обеспечить его безопасность в долгосрочном плане.

Загрязнение воды. До настоящего времени значительного загрязнения воды не отмечалось, но опасность такого загрязнения сохраняется.

3–5. Иерархия критериев

Первые четыре конференции пришли в значительной степени к единому мнению о характерных признаках или критериях, по которым следует оценивать стратегии. На каждой конференции была выработана иерархия критериев, которая, по существу, имела общий вид, приведенный на рис. 3–1. Естественно, что иерархии, использованные на конференциях, во многом отличались в деталях, но по существу между ними нет большого различия. Кроме того, нужно сказать, что нет правильных или неправильных иерархий. Опыт конференций по принятию решений показывает, что в широких пределах иерархия, используемая той или иной группой, может быть выбрана в соответствии с ее вкусом: она отражает стиль работы представителей группы, а также основные вопросы, которые они решают.

Результаты влияния стратегии на здоровье в основном рассматривались как состоящие из двух компонентов: результаты в отношении снижения заболеваемости раком и других радиологических последствий чернобыльской аварии и результаты в отношении возрастания или уменьшения стресса.

Эффекты, связанные с облучением, как соматические, так и генетические, могут быть оценены на основании доз, которых удалось избежать в результате мероприятий по защите населения и его отселения. Участники конференций не располагали точными данными в той форме, которая позволяет быстро оценить величину предотвращенной дозы в результате использования той или иной стратегии. Поэтому использовались приблизительные оценки и суждения. Между конференциями не было консенсуса в отношении того, следует ли уменьшение доз оценивать в виде количества предотвращенных смертных случаев от рака или же в виде общего количества сохраненных лет жизни.

На всех конференциях долго обсуждались результаты влияния стресса на здоровье. Для каждой стратегии необходимо рассматривать три отдельные группы населения: первая группа — это те, кого не переселяют и в отношении которых не применяются защитные меры; вторая группа — это те, в отношении которых применяются защитные меры, исключая переселе-

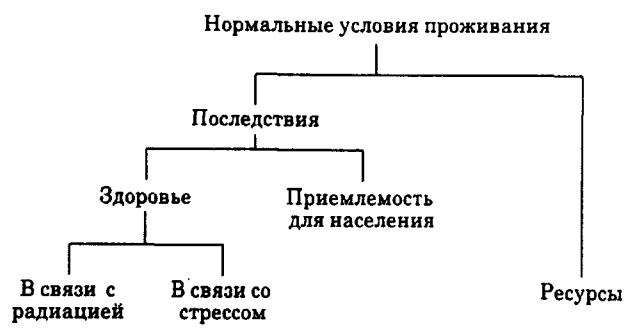


Рис. 3-1. Иерархия критериев

ние; к третьей группе относятся те, кого переселяют. Все участники согласились в том, что переселение значительно увеличивает стресс и, таким образом, увеличивает заболеваемость и смертность среди тех, кто переселился. Среди участников конференций не было единого мнения в отношении того, увеличивают или уменьшают стресс те защитные меры, которые осуществляются исходя из принципа сочувствия. Участники согласились, что применяемые в настоящее время меры не снижают стресс, однако некоторые утверждали, что в будущем эти меры могут применяться таким образом, что эффект стресса будет меньше.

Необходимо отметить, что при оценке стратегий вопросы влияния стресса будут, по-видимому, иметь большое значение. На одной конференции была сделана попытка количественно определить неблагоприятное воздействие переселения на здоровье. Были сделаны оценки количества людей, чей срок жизни уменьшится в результате стресса, вызванного проживанием в условиях защитных мер. По результатам этих оценок при всех стратегиях сокращение продолжительности жизни от стресса будет больше, чем от облучения, которое в настоящее время предотвращается с помощью проведения защитных мер. Хотя эти предварительные оценки, как было подчеркнуто, и являются весьма приблизительными, они, тем не менее, указывают на важность факторов стресса при разработке хорошо продуманной политики вмешательства.

На всех конференциях отмечалось, что вопросы приемлемости стратегий для населения являются очень важными. Были раскрыты многие аспекты этого критерия. Прежде всего здесь рассматривалась приемлемость стратегий для пострадавшего населения, а также для населения, проживающего в других районах и республиках СССР. Фигурировала также политическая приемлемость любой стратегии, как в республиках, так и на всесоюзном уровне. На двух конференциях в иерархию критериев был включен такой критерий, как качество жизни, который коррелировал в некотором смысле с концепцией приемлемости. На всех конференциях было сделано заключение (и модели принятия решения подтвердили это), что без учета такого критерия как приемлемость для населения решения будут существенно разниться.

Важным фактором при выборе соответствующих стратегий являются необходимые для их осуществления ресурсы или средства. Во время проведения конференций выявились разногласия относительно того, каким образом эти расходы можно оценить. Некоторые считали, что достаточно выражать затраты в рублях. Другие полагали, что необходимо включить дополнительный критерий для измерения относительной выполнимости стратегий, выдвигая при этом аргументы, что выделение денежных средств — это еще не сама медицинская помощь или строительная индустрия со всеми материальными и людскими ресурсами, которые потребуются для воплощения стратегии в жизнь. Кроме того, ставился также сопутствующий вопрос о том, в каком объеме экономики республик могут взять на себя работы, независимо от источника финансирования.

В дальнейшем между конференциями возникли разногласия в отношении стоимости переселения и стоимости защитных мер на одного человека. Затраты на переселение оценивались в размере от 25 000 до 45 000 руб. на одного человека. Стоимость защитных мер оценивалась в пределах от 1000 до 10 000 руб. на одного человека в год. Были также разногласия в выборе периода действия стратегии: на некоторых конференциях его оценивали в три года, на других — в пять лет.

3–6. Форма стратегий

На всех конференциях по принятию решений обсуждались стратегии проведения переселения и введения других защитных мер (напр., ограничений на потребление пищевых продуктов), которые в общей форме определяются двумя уровнями доз: а и б. Эта форма показана на рис. 3-2. Все люди, получившие прогнозируемые дозы, которые превышают верхний уровень, должны быть переселены (или, по крайней мере, им будет предложено переселиться). Те, кто получил дозы облучения в диапазоне между верхним и нижним уровнями, будут подпадать под защитные меры, кроме переселения, и, возможно, также получат определенную компенсацию. Все те, кто получил дозы меньше нижнего уровня, не будут подпадать под действие каких-либо защитных мер.

Понятия нижнего а и верхнего б уровней в этих стратегиях не должны рассматриваться как произвольно выбранная форма предельной дозы для

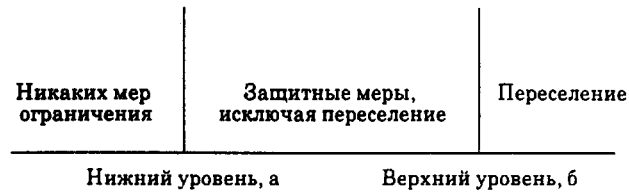


Рис. 3-2. Форма предлагаемых стратегий

безопасного проживания. Эти понятия используются для разделения населения, пострадавшего от чернобыльской аварии, на три группы: группа, в отношении которой не будет применено никаких защитных мер; группа, в отношении которой будут применены защитные меры, исключая переселение, и группа, которая будет переселена.

Как на каждой конференции, так и в целом не было достигнуто единого мнения относительно уровней доз: напр., доза, получаемая в течение жизни с 1986 г.; доза, получаемая в течение жизни с 1990 г.; средняя годовая доза за 1991 г.; средние годовые дозы на протяжении 1991–95 гг.; следует ли, в случае верхнего предела дозы, учитывать защитные меры, которые могут быть приняты, а также реально ли рассчитаны дозы и содержится ли в них некоторый элемент консерватизма. Какое бы общее согласованное мнение ни было принято, необходимо, чтобы величины доз и порядок их оценки были указаны точно и недвусмысленно. В определенной степени принятая согласованная величина доз является академической, поскольку различные значения дозы могут быть достаточно точно трансформированы в другие, однако форма ее выражения может влиять на то, как она будет воспринята и использована. Тем не менее, существует одно важное концептуальное положение, которое заслуживает дальнейшего рассмотрения. Это касается того, должна ли величина дозы включать предыдущие дозы (до 1990 г.) или же только те, которые будут получены в будущем, т. е. только те дозы, на величину которых повлияет использование будущей стратегии. Нет особого смысла останавливаться на рассмотрении уже полученной или ожидаемой дозы.

На конференциях была выработана общая система обозначения таких стратегий:

СЛа-б Переселение живущих в населенных пунктах, где доза, полученная в течение жизни ребенком, родившегося в 1986 году, превышает **б** бэр[1]; осуществление защитных мер, исключая переселение, для проживающих в населенных пунктах, где доза в течение жизни для ребенка, родившегося в 1986 году, находится между **а** и **б** бэр; никаких защитных мер для остального населения.

САа-б Переселение живущих в населенных пунктах, где годовая доза для ребенка в первый год жизни превышает **б** бэр/г; осуществление защитных мер, исключая переселение, для проживающих в населенных пунктах, где годовая доза для ребенка в первый год жизни находится между **а** и **б** бэр/г; никаких защитных мер для остального населения.

СЛа-БезП Осуществление защитных мер, исключая переселение, для проживающих в населенных пунктах, где доза в течение жизни для ребенка, родившегося в 1986 году, превышает **а** бэр; никаких защитных мер для другого населения. Никто не будет переселен.

САа-БезП Осуществление защитных мер, исключая переселение, для проживающих в населенных пунктах, где годовая доза для ребенка в первый год жизни превышает **а** бэр/г; никаких защитных мер для другого населения. Никто не будет переселен.

Отметим также, что обозначения **СЛа-а** и **САа-а** используются для обозначения стратегий, где применяется либо переселение (при дозах более **а**), либо не применяется никаких защитных мер (при дозах менее **а**).

Вот как выглядит перечень стратегий, которые рассматривались с точки зрения их оценки на каждой из конференций[2].

БССР:

САО,03-0,1; САО,1-0,1; САО,1-0,2; САО,1-0,3; САО0,1-0,4; САО,1-0,5; СЛ7-35.

РСФСР:

САО,1-0,1; САО,1-0,3; САО,1-0,5; САО,3-0,5; САО,3-1,0; САО,5-0,5; САО,5-1,0.

УССР:

СЛ7-7, СЛ7-15, СЛ7-20, СЛ7-24, СЛ7-35, СЛ7-70.

Союзная:

СЛ7-35; САО,1-0,5; СЛ20-50; САО,1-1,0; САО,5-5,0; СЛ35-35; СЛ7-БезП; САО,1-БезП.

[Следует проявлять осторожность, сравнивая между собой стратегии, которые анализирова-

[1] 100 бэр = 1 Зв.

[2] Фактически на всех конференциях обсуждались также и другие стратегии. Здесь перечислены только те, которые оценивались по последней модели.

лись на каждой конференции, поскольку указываемые уровни доз могут означать не одно и то же, напр., реальные или консервативные, разные периоды проведения оценки и т. д.]

На всех конференциях подчеркивалось, что несмотря на то, что некоторые стратегии могли быть объявлены неприемлемыми с самого начала, они, тем не менее, были включены в обсуждение для проведения анализа с целью выяснения причин их неприемлемости.

Можно сделать вывод, что, несмотря на то, что перечни стратегий явно отличаются друг от друга, в целом на каждой конференции рассматривался приблизительно один и тот же диапазон стратегий.

3-7. Пятая конференция по принятию решений

В свете опыта, полученного в результате проведения четырех конференций, было решено провести пятую конференцию, на которой участники предыдущих конференций могли бы встретиться для выработки модели, отражающей основные вопросы и проблемы. Состоявшиеся четыре конференции были успешными с точки зрения понимания вопросов и изложения проблемы, однако некоторые использовавшиеся на конференциях данные не были общими. Кроме того, как было указано выше, осталось несколько нерешенных вопросов, напр., каким образом выразить уровни доз. Существовало мнение, что совместная встреча с использованием общей базы данных и согласованным решением по нескольким крупным вопросам существенным образом повысит ценность окончательного доклада и проведения самих конференций по принятию решений.

Поэтому, в ходе осуществления указанного Проекта была подготовлена общая база данных на основании дозиметрических и экономических данных, полученных из официальных документов и в ходе обсуждений с советскими специалистами. Эти данные позволили оценить численность населения, которое учитывается при осуществлении каждой стратегии, затраты на них и предотвращенные коллективные дозы.

Группа решила провести оценку четырех стратегий упомянутый выше формы (см. рис. 3-2), а именно:

СЛ2-2, СЛ2-10, СЛ2-20, СЛ2-40.

Для выражения уровней доз была принята доза в бэрах в течение жизни с 1990 по 2060 гг., получаемая при отсутствии защитных мер. Долго обсуждался вопрос, являются ли данные условия наиболее подходящими, поскольку многие участники конференции полагали, что нужно использовать дозу за период с 1986 по 2056 гг. Кроме того, было высказано предложение, что уровень б должен представлять дозу в течение жизни, полученную при условии введения защитных мер, исключая переселение. В конце концов спор был разрешен прагматически путем принятия единственных имеющихся величин дозы в течение жизни за период с 1990 по 2060 гг. при отсутствии защитных мер. Уровни доз могут, однако, легко трансформироваться в другие величины или условия.

В табл. 3-1 приводится количество переселяемого населения и населения, охватываемого другими защитными мерами, в соответствии с данными стратегиями. Также даются значения предотвращенных коллективных доз.

Таблица 3-1

Количество переселяемого и охватываемого защитными мерами населения и коллективные предотвращенные дозы

Стратегия	Кол-во переселенных (в тыс. чел.)	Кол-во защищенных (в тыс. чел.)	Коллективная предотвращенная доза (чел.-Зв)
	доза	доза [2]	
СЛ2-2	706	0	50 000
СЛ2-10	159	546	26 400
СЛ2-20	20	686	10 000
СЛ2-40	703	5 900	

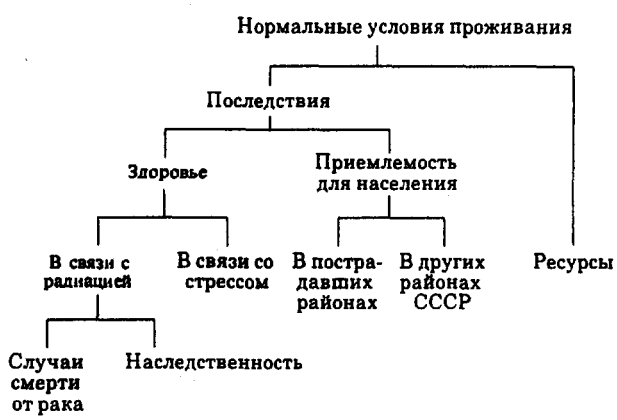


Рис. 3-3. Иерархия критериев, использованная на пятой конференции по принятию решений

Таблица 3-2

Количество предотвращенных случаев смерти от рака и наследственных заболеваний для выбранных стратегий в период с 1990 по 2060 гг.

Стратегия	Количество предотвращенных смертных случаев от рака	Количество предотвращенных наследственных заболеваний
СЛ2-2	3 200	500
СЛ2-10	1 700	260
СЛ2-20	650	100
СЛ2-40	380	60

При оценке стратегий использовалась иерархия критериев, показанная на рис. 3-3. Она является развитием иерархии, показанной на рис. 3-1, путем уточнения последствий для здоровья в связи с воздействием радиации и критериев приемлемости для населения.

Критерий последствий для здоровья в связи с воздействием радиации брался в форме количества предотвращенных заболеваний, а не в форме изменений ожидаемой продолжительности жизни. Данный критерий разделялся еще на два дополнительных критерия, представляющих количество предотвращенных случаев смерти от рака и предотвращенных наследственных заболеваний, которые определялись на основе оценок величины коллективной предотвращенной дозы. Количество предотвращенных случаев смерти от рака для каждой стратегии умножалось на коэффициент 1,3 для учета заболеваемости раком без смертных случаев. Это позволило рассчитать количество предотвращенных случаев смерти от рака (с учетом заболеваемости раком без смертных случаев), а также предотвращенных наследственных заболеваний. Эти данные приведены в табл. 3-2.

При сравнении числа предотвращенных смертных случаев от рака и числа предотвращенных наследственных заболеваний было решено, что один случай изменения наследственности должен соотноситься с тремя смертными случаями от рака.

Последствия стрессов для здоровья определялись целостно, путем рассуждений и без попыток оценить их влияние на отдельные группы населения. Участники согласились, что стресс повышает заболеваемость и смертность, снижая общее состояние здоровья населения. В целом сформировалось мнение, что в наибольшей степени способствует уменьшению воздействия стресса использование стратегии **СЛ2-20**. Это мнение явилось результатом того, что участники группы полагали, что установление уровня, необходимого для переселения, при дозе 20 бэр (200 мЗв) окажется приемлемым как для ученых, так и для политиков. Таким образом, окажется возможным последовательно и непротиворечиво объяснить населению сущность стратегии, что позволит его успокоить и значительно снизить стресс. При использовании подобной же аргументации оказалось, что стратегия **СЛ2-10** будет лишь несколько менее эффективной, чем **СЛ2-20**, в отношении уменьшения стресса, тогда как **СЛ2-40** окажется значительно менее эффективной. Стратегия **СЛ2-2** будет самой неэффективной и не только по вышеназванным причинам, но и потому, что она приведет к переселению более 700 тыс. жителей со всеми сопутствующими стрессовыми эффектами.

В целом, вес, придаваемый критерию воздействия стресса, оказался приблизительно в два раза больше, чем вес, придаваемый критерию воздействия радиации.

Критерий приемлемости для населения также был разделен на два фактора: приемлемость для населения в пострадавших районах и приемлемость для населения в других районах СССР. Что касается других районов СССР, то участники согласились, что порядок расположения стратегий должен быть следующим:

1-й — СЛ2-20, 2-й — СЛ2-40, 3-й — СЛ2-10, 4-й — СЛ2-2.

Указанный порядок расположения стратегий отразил мнение, что **СЛ2-40** будет почти так же приемлема, как и **СЛ2-20**, и обе они будут значительно более приемлемыми, чем **СЛ2-10** и **СЛ2-2**. Доводы, лежащие в основе этих суждений, связаны со сложным соотношением человеческих и экономических ценностей.

В случае рассмотрения критерия "приемлемость для населения, проживающего в пострадавших районах", наблюдалось меньшее единодушие среди участников конференций. Первоначально исследовалась модель со следующим порядком расположения:

1-й — СЛ2-20, 2-й — СЛ2-10, 3-й — СЛ2-40, 4-й — СЛ2-2,

при этом предложенная приоритетность отражала мнение, что стратегия **СЛ2-20** чуть более предпочтительна по сравнению с **СЛ2-10**, но обе

они значительно более приемлемы, чем стратегии СЛ2-40 и СЛ2-2. Однако, некоторые члены группы придерживались мнения, что среди населения в пострадавших районах стратегия СЛ2-2 будет наиболее приемлемой. Как объясняется ниже, этот альтернативный взгляд тщательно исследовался в ходе использования модели анализа чувствительности.

Критерии приемлемости в пострадавших районах и в других районах СССР оказались по весу в отношении 60:40, и в целом критерии приемлемости для населения получили лишь немногим большие весовые значения, чем критерий здоровья.

В качестве критерия ресурсов были взяты прямые расходы на осуществление стратегий в рублях, исходя из того, что в среднем стоимость переселения составит 40 600 руб. на человека, а остальные защитные меры и компенсации будут стоить 4000 руб. на человека в год. Было решено, что стратегии будут осуществляться в течение 5 лет; таким образом, стоимость защитных мер на протяжении этого времени составит 20 000 руб. на человека. Эти цифры дают следующую общую стоимость стратегий в миллиардах рублей:

СЛ2-2: 28
СЛ2-10: 17
СЛ2-20: 15
СЛ2-40: 14

Для того, чтобы получить представление о весе, который должен придаваться критерию ресурсов, было отмечено, что стоимость предотвращения получения дозы в 1 чел.-бэр обычно принимается равной около 100 рублей. Шкала радиационных критериев соответствовала экономии в эквивалентном отношении приблизительно 0,44 млрд. рублей. Шкала критериев ресурсов составляет около 14 млрд. рублей, т. е. разница между стоимостью СЛ2-2 и СЛ2-40 составляет 14 млрд. рублей. Отсюда можно вывести приблизительный весовой коэффициент, применимый для приведения к общей шкале критериев ресурсов и радиационных последствий. Общее весовое соотношение между критериями радиационных последствий и стресса и критериев приемлемости для населения находится при помощи свинг-взвешивания (см. дополнение к Приложению 3). Это позволило вывести весовое соотношение между критериями последствий и ресурсами, которые необходимо вычесть из общей суммы.

Данная модель была подвергнута экстенсивному анализу зависимости, и выводы, приводимые ниже, оказались поразительно устойчивыми по отношению к разумным изменениям величины весов и порядка расположения.

На рис. 3–4 показан ряд графиков зависимости последствий от стоимости осуществления стратегий. На рис. 3–4 (а) нанесены графики, отражающие оценку последствий радиации с точки зрения расходов, т. е. стоимости стратегий. Во-первых, следует отметить, что шкала ресурсов является предпочтительной шкалой (как на самом деле являются все другие шкалы в модели).

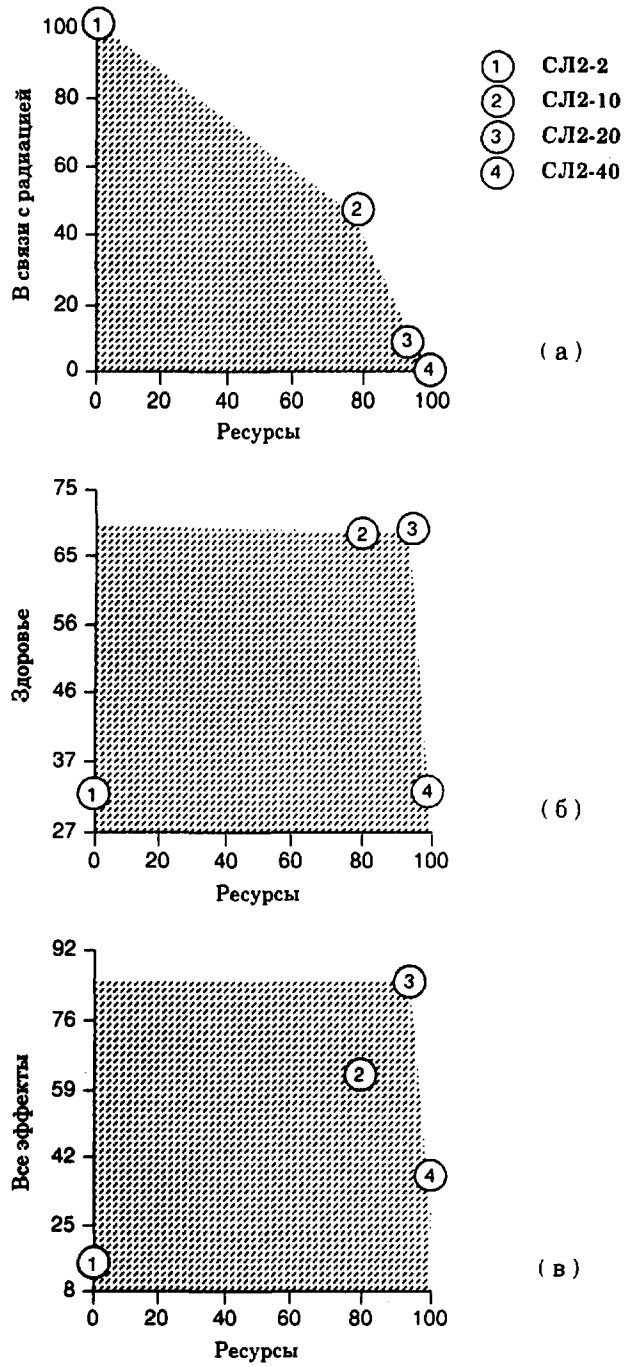


Рис. 3-4. Графики соотношения последствий и ресурсов: (а) радиационные последствия; (б) последствия для здоровья; (в) все последствия

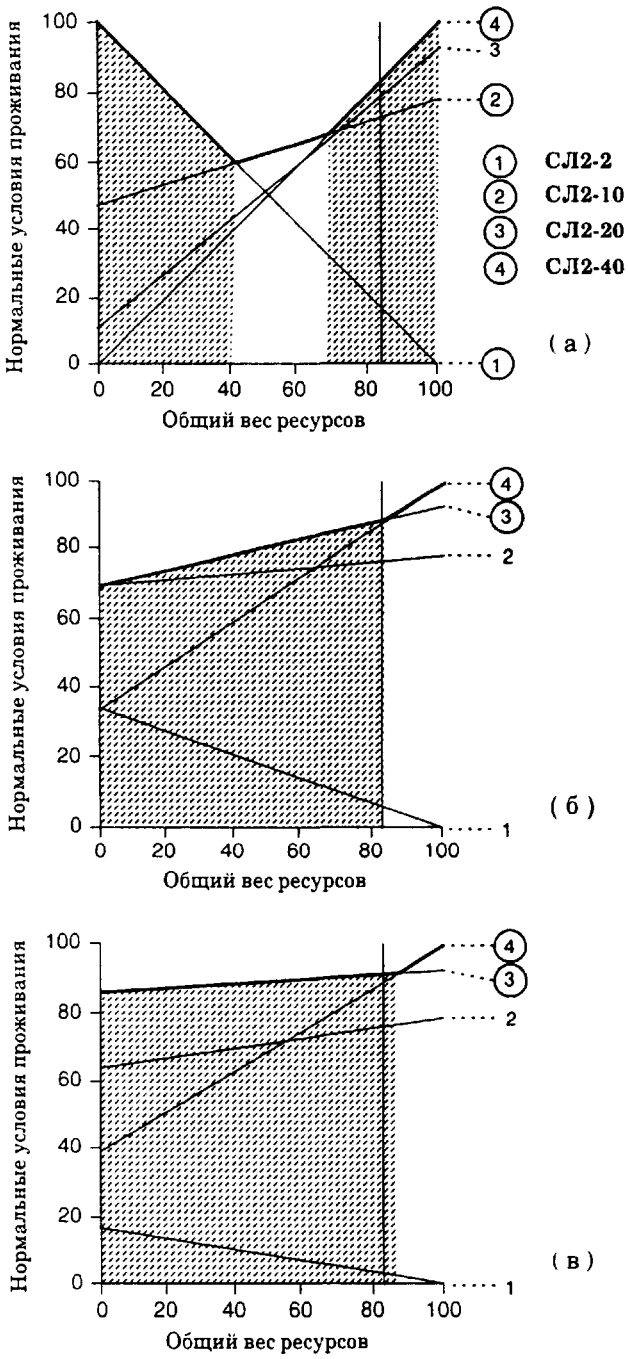


Рис. 3-5. Графики зависимости: (а) исключены стресс и приемлемость для населения; (б) исключена приемлемость для населения; (в) все последствия включены

Это означает, что большие величины соответствуют возрастающей предпочтительности и, в данном случае, снижению стоимости. Кроме того, обычно все шкалы повторно нормализуются в диапазоне от 0 до 100. Таким образом, на шкале ресурсов, в данном случае на горизонтальной оси, стратегия **СЛ2-40** оценивается в 100 баллов, поскольку она требует меньших расходов, в то время как стратегия **СЛ2-2** имеет 0 баллов, так как она требует бо̂льших затрат. На вертикальной оси отлагается предпочтительность стратегий по последствиям радиации, затем они снова повторно нормализуются по шкале 0–100, при этом наиболее предпочтительная стратегия **СЛ2-2** по этому критерию равна 100 баллам весовых долей.

Рис. 3–4 (б) дает аналогичный график, в котором вертикальная ось представляет общие последствия для здоровья, при условии совмещения шкалы радиации и шкалы стресса. Рис. 3–4 (в) вновь дает различия по вертикальной шкале. В этом случае даются критерии последствий, которые получаются при совместном рассмотрении шкалы радиации, стресса и приемлемости для населения.

На каждом из рис. 3–4 (а)–3–4 (в) идеальная стратегия будет располагаться в правом верхнем углу, потому что такие стратегии будут оцениваться в 100 баллов по горизонтальной и вертикальной шкалам предпочтения. Когда рассматриваются также стресс и приемлемость для населения, как это сделано на рис. 3–4(б) и 3–4 (в), то можно видеть, что стратегия **СЛ2-20** (стратегия 3) движется вверх в сторону верхнего правого угла.

На рис. 3–5 (а)–3–5 (в) показаны графики зависимости в той форме, которая излагается в приложении. Вертикальная линия — это размеры ресурсов, где примерно 100 рублям соответствует предотвращение дозы в 1 чел.-бэр.

На рис. 3–5(а) приводится график зависимости, когда критериям стресса и приемлемости для населения придается нулевой вес. При придаваемом ресурсам весе, соответствующем 100 руб. стоимости предотвращения дозы 1 чел.-бэр, оптимальной является стратегия **СЛ2-40**. По мере снижения веса, придаваемого ресурсам, т. е. при росте количества рублей на чел.-бэр, оптимальными становятся стратегия **СЛ2-10**, а затем **СЛ2-2**. В весьма приблизительном виде рис. 3–5 (а) соответствует простому анализу "затраты-выгода" применения стратегий, при котором происходит баланс результатов радиологической защиты с ресурсами, необходимыми для ее осуществления.

На рис. 3–5 (б) показан тот же самый график, когда факторам стресса придается их оцененный вес, но без включения критерия приемлемости для населения. Теперь оптимальной становится стратегия **СЛ2-20**, но только при этом условии. Когда весовая доля на ресурсы слегка увеличивается, оптимальной становится стратегия **СЛ2-40**. Это можно увидеть по тому обстоятельству, что вертикальная линия, представляющая вес ресурсов, выраженный равенством предотвращенной

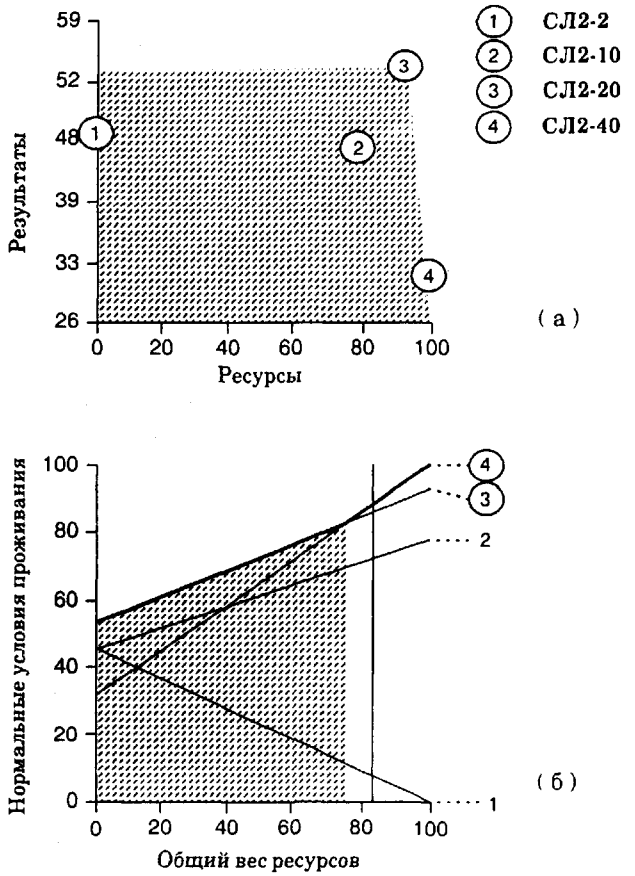


Рис. 3-6. Графики зависимости критериев, соответствующие случаю, когда стратегия СЛ2-2 наиболее приемлема для населения, проживающего в пострадавшем районе

дозы 1 чел.-бэр на 100 рублей, находится на границе между величинами, для которых стратегия **СЛ2-20** является оптимальной, и диапазоном, для которого оптимальной является стратегия **СЛ2-40**. Снижение веса ресурсов движется дальше и дальше в сторону диапазона, для которого оптимальной является стратегия **СЛ2-20**. Следует заметить, что при учете веса от стресса стратегии **СЛ2-2** и **СЛ2-10** не являются оптимальными для любого значения веса ресурсов.

На рис. 3-5 (в) показан тот же график зависимости, когда факторам приемлемости для населения придается их оцененный вес. Стратегия **СЛ2-20** остается оптимальной в широком диапазоне весов по критерию ресурсов. Кроме того, при весе ресурсов, установленном при величине, подразумевающей предотвращение дозы в 1 чел.-бэр за 100 рублей, стратегия **СЛ2-20** является оптимальной и остается таковой, если вес слегка возрастает.

Из рис. 3-4 и 3-5 ясно, что введение в модель критериев стресса и приемлемости для населения предполагает, что стратегия **СЛ2-20** является предпочтительной по сравнению со стратегией **СЛ2-40**, которая является стратегией, предполагающей простой баланс между расходами и последствиями воздействия радиации.

Такие же выводы можно сделать, если изменить количество баллов приемлемости для населения в пострадавшем районе, с тем чтобы стратегия **СЛ2-2** стала предпочтительней. На рис. 3-6 приводятся графики, соответствующие рис. 3-4 (в) и 3-5 (в) для данной модели. В этом случае стратегия **СЛ2-20** уже не является предпочтительной, когда в оценку включаются стресс и приемлемость населением: модель предполагает, что есть стратегия **СЛ2-40**. Однако, это наблюдение менее важно, чем то, что стратегия **СЛ2-2** предлагается в качестве наиболее предпочтительной стратегии, даже когда она оценивается в 100 баллов по шкале приемлемости населением, а обе стратегии **СЛ2-20** и **СЛ2-40** оцениваются как 0 баллов, что имеет место в модели, представленной на рис. 3-6. Другими словами, учитывая вес, придаваемый критерию приемлемости для населения, ни стратегия **СЛ2-2**, ни стратегия **СЛ2-10** не могут стать оптимальными просто в силу их высоких показателей приемлемости для населения. Анализ зависимости веса от приемлемости для населения подтвердил, что это замечание справедливо для всех значений данного веса, который группа считала разумным.

Таким образом, основной вывод, который может быть сделан из этой модели, состоит в том, что если только критерии ресурсов и радиации включаются в модель, то **СЛ2-40** будет той стратегией, которая обеспечивает наилучший баланс. Однако, после введения в нее критериев стресса и приемлемости для населения, становится совершенно очевидным, что **СЛ2-20** является стратегией, которая обеспечивает наилучший баланс. Это особенно хорошо видно на примере графиков на рис. 3-4 и 3-5.

3-8. Общие выводы

В ходе проведения конференций поставленные перед ними цели по всем важным аспектам были достигнуты. На них было достигнуто существенное согласие в отношении формы используемой модели принятия решений и критериев оценок, а также общей формы рассматриваемых стратегий переселения и защиты населения. Прояснились и были подытожены многие вопросы. В частности, стало ясно, что медицинские последствия, возникающие в результате воздействия стресса, нельзя игнорировать при выработке решения. Более того, такие вопросы, как приемлемость

для населения были основной движущей силой при оценке стратегий. Последствия, вызванные радиологическим воздействием, играли меньшую роль в сравнении с приемлемостью для населения. Также достаточно единодушным было мнение относительно существующего в настоящее время недоверия людей и количества неверной информации и слухов, циркулирующих среди населения, что, в свою очередь, влияет на принятие или неприятие населением любой стратегии.

Все это было особенно ярко показано с помощью модели, исследованной на пятой конференции по принятию решений и рассмотренной в предыдущем разделе; однако, к тем же самым выводам можно прийти и на основании рассмотрения моделей, разработанных на четырех предшествовавших конференциях.

3–9. Заключение

Предпринятые на первом этапе защитные меры основывались на вмешательстве при прогнозируемых уровнях доз и осуществлялись с целью предотвращения детерминистских и снижения стохастических эффектов. Эти основные положения соответствовали рекомендациям международных организаций.

Такое снижение временных пределов доз (100 мЗв в 1986 г., 30 мЗв в 1987 г., 25 мЗв в 1988 и 1989 гг.) могло быть объяснено практической необходимостью организации отселения людей в течение более одного года (1986). В результате распада радиоактивных веществ и процесса выведения радионуклидов из окружающей среды, люди, не отселенные в 1986 г. (т. к. доза в течение года была оценена ниже 100 мЗв), должны были продолжать жить в этих условиях до 1990 г. (когда уровень общей дозы достиг бы 180 мЗв), если оценка дозы, принятая для 1987 г., была ниже 30 мЗв, и так на протяжении ближайших двух лет. Применение предела дозы в качестве основного критерия для отселения не предусматривает возвращения людей к местам прежнего проживания, что может подразумевать окончательное отселение. Критерий мощности дозы неизбежно ставит нас перед проблемой переселения людей на прежние места.

Концепция предела дозы в течение жизни 350 мЗв была рекомендована Национальной комиссией СССР по радиационной защите (НКРЗ) в качестве решающего критерия для отселения людей, однако она не получила поддержки в БССР и УССР и была там доработана. В этих республиках предполагалось также осуществлять отселение при меньших уровнях дозы, т. е. вплоть до 70 мЗв в течение жизни. Кроме того, в БССР считают необходимым учитывать предел дозы 1 мЗв в год, рекомендованный МКРЗ для населения в планируемых ситуациях. Людям, не занимающимся непосредственно проблемами радиационной защиты, трудно понять всю серьезность ошибок в определении пределов дозы, достаточных для вмешательства. Такой подход в любом случае заслуживает критической оценки из-за расхождения со стратегией радиационной защиты при аварийных ситуациях. Для предела дозы в течение жизни 70–350 мЗв порядок среднего годового риска составляет 10^{-5}–$10^{-4}\cdot г^{-1}$. Такой уровень риска сопоставим со многими видами риска в повседневной жизни. Годовой риск порядка 10^{-5}–$10^{-4}\cdot г^{-1}$ не может оправдать принятие таких кардинальных мер, как отселение, только по соображениям радиационной защиты.

Предельная доза 350 мЗв в течение 70 лет представляется недостаточным основанием для такого рода действий. Для принятия кардинальных защитных мер были бы пригодны более высокие уровни вмешательства, если они подтверждены и разработаны. Другими словами, предел дозы, предлагаемый НКРЗ, может быть рекомендован в качестве уровня вмешательства лишь для контрмер, осуществление которых не представляет трудностей, но не для кардинальных вмешательств. Для таких крайних мер должны существовать гораздо более высокие уровни вмешательства, когда речь идет только о соображениях радиационной защиты.

Применение пределов доз, рекомендованных МКРЗ для планируемых ситуаций или любых других заранее определенных пределов доз в качестве основания для вмешательства в зонах жесткого контроля в СССР, может повлечь за собой принятие мер, которые не будут ни в какой пропорции по отношению к пользе. Во многих странах годовая действующая доза облучения радоном в помещениях находится в диапазоне 1–10 мЗв/г. Доза облучения радоном в СССР, вероятно, находится в том же диапазоне. Вполне может случиться так, что в результате использования предела дозы 70 мЗв/г (в среднем 1 мЗв/г), рекомендуемой официальными органами БССР, отселенные люди получат на новых местах большую дозу, чем на прежних. В таких случаях отселение не оправдано даже с точки зрения простого сравнения полученной дозы, не говоря уже об экономических и социальных затратах. Иными словами, использование ресурсов на снижение дозы облучения радоном вместо снижения дозы в результате аварии на ЧАЭС может привести к гораздо более масштабному снижению коллективной дозы, а, следовательно, к значительному улучшению состояния здоровья людей.

Обычно проведение защитных мероприятий связано со стремлением снизить уровень будущих доз, получение которых в противном случае неизбежно, с целью снижения определенных вредных воздействий на организм человека. На заключительной стадии развития событий эти мероприятия смогут лишь ограничить ожидаемый объем отдаленных стохастических эффектов по отношению к величине коллективной дозы, предотвращенной в результате принятия защитных мер. Они никак не будут воздействовать на ожидаемое число заболеваний раком, вызванных дозами, полученными до принятия защитных мер. Таким образом, включение величины дозы, полученной в прошлом, в предел вмешательства или предел дозы в течение жизни 350 мЗв не согласуется с основными принципами радиационной защиты в аварийных (ранее сложившихся) ситуациях, но может соответствовать положениям компетентных органов СССР о концепции "безопасного проживания". Тем не менее, дозы, полученные в прошлом, не могут не сказаться на распределении индивидуального риска за счет облучения, полученного населением.

Величина ожидаемой дозы должна рассчитываться из измеренной мощности дозы и предполагаемого снижения мощности дозы в результате распада радионуклидов и других процессов выведения радиоактивных материалов. Из-за неопределенностей, присущих таким предположениям, прогноз дозы может рассчитываться только на короткий период времени, а не на многие годы вперед. Таким образом, производный уровень вмешательства для отселения людей следует выражать в единицах мощности дозы, например, мЗв/мес. Выше этого уровня людей следует отселять, а ниже — отселение не обязательно.

При отсутствии проведения каких-либо защитных мероприятий в зонах контроля, т. е. в зонах с уровнями поверхностного радиоактивного загрязнения свыше 5 Ки/км^2 (185 кБк/м^2), население которых составляет около 700 000 человек, коллективная доза в течение жизни (1990–2060 гг.) во всех трех республиках оценивается величиной порядка 50 000 чел.-Зв. Таким образом, становится ясна задача-максимум принимаемых контрмер: избежать 2500 случаев заболеваний раком со смертельным исходом в течение, скажем, 40–50 лет, что соответствует ежегодному снижению количества таких заболеваний приблизительно на 50 случаев. Для сравнения, ежегодное количество спонтанных заболеваний раком со смертельным исходом по СССР для населения 700 000 человек составляет примерно 2000 случаев. Таким образом, количество спонтанных заболеваний раком приблизительно в 40 раз превышает количество заболеваний раком в результате чернобыльской аварии.

В принципе, решение по различным критериям вмешательства может быть принято только на основе соображений радиационной защиты. На практике же в процесс принятия решений включаются соображения политического и иного характера. Для лица, принимающего решения, важно отдавать себе отчет в том, что, если этим факторам придается бóльший вес, чем факторам радиационной защиты, то либо население будет подвергнуто большей радиационной опасности, либо принятые меры приведут к неоправданным расходам и социально-экономическому дисбалансу.

В процессе принятия решений по контрмерам в республиках было очевидно, что снижение объективных воздействий на организм человека не являлось фактором первостепенной важности. Значительные затраты, произведенные на принятие мер в будущем, ни в какой мере не соответствовали ожидаемому положительному воздействию отселения на здоровье, что было общепризнанным фактом. Было ясно, что основные факторы, влияющие на принятие решений, связывались с необходимостью преодоления обеспокоенности населения и страха, образовавшегося на протяжении последних двух лет, восстановления доверия и спокойствия в создавшейся обстановке. Эта цель может быть достигнута лишь при условии четкого понимания роли социально-политических (а не радиационных) вопросов вмешательства в будущем и опасности дальнейшего разжигания тревоги неоправданными ограничительными действиями.

Таким образом, социально-экономические и политические факторы неизбежно становятся приоритетными в процессе принятия решений. Получается своего рода заколдованный круг. Население считает, что основной целью принимаемых контрмер является защита людей от вредных воздействий на организм, и оказывает давление на лиц, принимающих решения, с целью как можно больше снизить уровень вмешательства. С другой стороны, лица, принимающие решения, стремясь к тому, чтобы принимаемые ими меры успокоили население, идут на снижение уровней вмешательства, хотя и отдают себе отчет в том, что существенного улучшения объективного состояния здоровья не последует. В этой ситуации существует большая опасность того, что снижение уровней вмешательства до крайне низких значений принесет скорее вред, чем пользу. Объясняется это тем, что в конце концов небольшие имеющиеся ресурсы будут распределены не по назначению во имя радиационной защиты.

Часть Ж

Дополнение

Анализ принятия решений и проведение конференций по принятию решений

Цель анализа принятия решений

В чем заключается цель оказания помощи лицу или, что обычно чаще бывает, группе лиц, принимающих решение (ЛПР)? Хотя многим это может показаться удивительным, цель состоит не в том, чтобы объяснить им, что им предстоит решать. Скорее она состоит в том, чтобы помочь ЛПР выявить свои взгляды и предпочтения в контексте конкретного выбора решения, которое им предстоит принять. Характерный для анализа при принятии решения формальный язык способствует творческому общению ЛПР, помогает сосредоточить внимание на важных проблемах, не отвлекаясь на пустые споры по вопросам, не относящимся к теме. Лучшее понимание процесса выбора своих взглядов и предпочтений, а также взглядов и предпочтений своих коллег, помогает ЛПР принимать более обоснованное решение.

В ходе проведения анализа точки зрения ЛПР могут — и, вероятно, так и будет в действительности, — меняться по мере проявления своих взглядов и предпочтений. Очень часто существует устоявшееся мнение, что взгляды и предпочтения ЛПР уже сложились и цель предпринимаемого анализа состоит в том, чтобы внести их в модель с целью предсказать или подтвердить окончательный выбор. Однако, на самом деле это не так: анализ принятия решений является динамичным и созидательным процессом. Убежденность, предпочтения и выводы возникают по мере того, как в ходе обсуждения и анализа проясняются вопросы, которые ЛПР прежде не ставил перед собой. Филлипс изложил свою точку зрения на анализ принятия решений в теории моделирования условий [4]; (см. также [2, 3 и 7–12]).

Такой взгляд на анализ принятия решений привел к разработке механизма проведения конференций по принятию решений.

Проведение конференций по принятию решений

Временами возникают сложные и трудные проблемы, которые заставляют ЛПР делать в своей работе паузу и думать над стратегией. Иногда открытая дискуссия может привести к принятию четкого решения и указать перспективу движения вперед, однако сложность проблем и связанные с ними неопределенности не всегда позволяют решить их в результате простого обсуждения.

В таких случаях в ряде организаций установилась практика, в сооветствии с которой группа ЛПР собирается на один или два дня вне своей обычной рабочей обстановки для дискуссии и изучения таких проблем. Часто на таких совещаниях группам помогает посредник. Посредник является специалистом по процессу групповой дискуссии, однако он или она редко обладает знаниями в области рассматриваемых проблем, и еще реже он или она использует такие знания в ходе обсуждений. Роль посредника состоит в том, чтобы обеспечить беспрепятственную работу группы, способствовать процессу обсуждения и повышать эффективность работы, придавая ей более творческий характер. Содержание дискуссии полностью определяется самими членами группы. Они являются специалистами в сфере деятельности своих организаций, и никто не может знать обсуждаемые вопросы лучше, чем они сами.

Вот как описывает Джон Харвей-Джонс [13, стр. 282] работу такого посредника при проведении заседаний совета в компании ICI:

> "Некоторые советы компаний пользуются услугами внештатных советников и консультантов для оказания им помощи во время своих заседаний. В течение последних пятнадцати лет ICI пользовалась услугами одного совершенно превосходного американского консультанта, который очень много помогал в работе совета. Он не специалист в сфере деятельности компании ICI и не стал бы выступать в таком качестве. Он эксперт по вопросам оказания помощи совету самому выявлять несущественные проблемы. Очень часто он разбирал технологические трудности, предлагал пути решения обсуждаемых проблем или указывал на их взаимосвязь".

Очень важно отметить, что группа сама определяет содержание дискуссии и возможности, вырабатывает и оценивает основные направле-

ния рассматриваемых проблем и разрабатывает перечень действий, необходимых для выполнения выработанных ими решений. Всестороннее участие членов группы в разработке политики обуславливает их полную приверженность ее осуществлению. Эта политика принадлежит им целиком и полностью. Кроме того, благодаря общему пониманию причин, вызвавших принятие такой политики, они могут объяснить ее другим в своей организации.

Проведение конференции по принятию решений строится по принципу такого совещания и проводится с использованием последних достижений в информатике и различных аналитических моделей принятия решений, которые помогают группе в ее работе.

Аналитические модели принятия решений позволяют группе изучить результаты своих взглядов. Более того, модели реализуются таким образом, что не составляет труда исследовать варианты высказываемых суждений. Поэтому группа может определить не только суть расхождений во мнениях среди ее членов, но и зависимость их выводов от этих расхождений и от тех оценок, в которых они менее всего уверены.

На конференциях по принятию решений обычно используются весьма простые формы аналитических моделей решения. Чаще всего они основаны на теории аддитивных величин (см. ниже). Отличие этих моделей состоит в том, что их можно легко и в доступной форме объяснить группе. Математические операции, используемые в этих моделях, сводятся лишь к сложению и умножению. После короткого рассмотрения этих моделей группа может извлечь из них ценные сведения.

Конференция по принятию решений обычно представляет собой двухдневное мероприятие. Возможны и другие сроки, однако в любом случае желательно включить в сроки конференции вечернее время. Вечером члены группы могут вместе отдохнуть и ретроспективно оценить полученные результаты в ходе дискуссии. Эта оценка во время отдыха результатов предыдущего дня позволяет группе более четко видеть перспективу по волнующим ее вопросам. Без такого ретроспективного рассмотрения у группы могут возникнуть "сомнения" в правильности решения вскоре после окончания конференции, может быть, уже по дороге домой, и ценность мероприятия намного снизится после того, как исчезнет их уверенность в сделанных выводах.

Вся группа в течение всей работы конференции участвует в дискуссии, сосредоточенной целиком и полностью на основных проблемах, которые явились причиной ее созыва. Отсутствуют перерывы для рассмотрения не относящихся к конференции вопросов, так сказать, "пока группа вместе". По этой причине имеет смысл проводить конференции по принятию решений не в помещении, где работают члены группы, а, возможно, в загородном отеле или специально построенном для таких целей пансионате. На все это время группа должна освободиться от всех других мероприятий и полностью уделить свое время конференции. В идеальном случае членам группы следует также отказаться и от телефонных разговоров.

Посредник ведет совещание, направляя обсуждение в конструктивное русло. Он или она является специалистом в трех областях: в групповой динамике, теории рациональных решений и искусстве общения. Знания в области групповой динамики позволяют посреднику вовлечь в дискуссию всех участников конференции. Он помогает процессу принятия решений посредством разумного учета целей и неопределенностей, сохраняя направленность работы группы на решение поставленных задач. В течение всего времени работы группы посредник использует свое умение поддерживать общение, чтобы обеспечить понимание проблем всеми участниками в том виде, в каком они сформулированы.

Посреднику оказывают помощь аналитик и иногда протоколист. Аналитик занимается вопросами программного обеспечения, составлением аналитических моделей решения вопросов по мере их возникновения, и это помогает группе получить информацию о ситуации, с которой она сталкивается. Составитель протокола пользуется текстопроцессором для записи хода дискуссии и аргументации оценок и решений, принимаемых группой. Благодаря присутствию протоколиста группа может зафиксировать в конце конференции все свои важные выводы и составить по ним план соответствующих действий. Через несколько дней выпускается полный текст доклада конференции. Важность роли аналитика и протоколиста проявляется неоднократно. В первые дни работы конференции каждому из них требуется отдельный компьютер. Затем, после сужения круга проблем, обе эти роли может выполнять один человек. Помимо всего прочего, преимущество такого совмещения состоит в том, что аналитик более тесно связан с работой конференции, чем протоколист, и поэтому будет лучше вести записи, напр., запись обоснования, лежащего в основе конкретной модели.

Каждая конференция по принятию решений имеет свои отличительные черты. Процесс ее работы соответствует запросам группы и не регулируется какой-либо жесткой повесткой дня. Однако существуют общие темы и структуры. Посредник всегда заботится о том, чтобы обес-

печить максимально возможную широту охвата проблем на первом заседании. Лишь на редких конференциях по принятию решений общий предмет дискуссии возникает через несколько минут после их открытия. В ходе мероприятия участники дискуссии вновь и вновь по мере получения данных и достижения взаимопонимания возвращаются к основным проблемам. Ни одна из моделей не рассматривается как окончательная, все они являются просто механизмами изучения идей. Филлипс, который много сделал для введения в практику конференций по принятию решений в Соединенном Королевстве и Европе, дает определение элемента необходимости в таких моделях, для того чтобы понять идею и отличать такое моделирование от моделирования более определенных объектов, встречающихся в науке и технике.

Как это не удивительно, но анализ на конференциях по принятию решений требует значительно меньшего числа точных данных, чем это может показаться на первый взгляд. Стоимость стратегий должна быть подсчитана — это очевидно, но необходимые расходы требуют лишь приблизительного подсчета. Во время проведения конференции пытаются составить общую картину. Детали могут добавляться на более позднем этапе.

Конференции по принятию решений являются в высшей мере творческими мероприятиями. Обычно участники прибывают поодиночке, испытывая озабоченность, стеснение, неуверенность в себе. В ходе конференции они разрабатывают, оценивают, совершенствуют и повторно оценивают варианты решения, постепенно определяя стратегию, которую все они затем будут поддерживать. Они покидают конференцию как одна сплоченная группа, преданная общей цели, единомышленники во всех вопросах, готовые осуществлять выработанную ими стратегию.

Конференции по принятию решений проводились с большим успехом для:

- разработки стратегических вариантов;
- распределения бюджета между различными подразделениями организации;
- обоснования организационных изменений;
- разработки стратегий промышленных связей;
- оценки конкурентных предложений;
- выбора инвестиционных стратегий

и по многим другим вопросам.

Теория аддитивных величин

Одним из наиболее общих аналитических методов принятия решений является оценка альтернатив при помощи функций аддитивных величин. Аддитивная величина v(•) выражает предпочтение, которое ЛПР отдает тем или иным альтернативам в следующем смысле. Для любой пары альтернатив а и б:

$$v(a) \geq v(b), \qquad (1)$$

если и только если у него альтернатива **а** не хуже альтернативы **б**. Если нет сомнений в том, что он предпочитает альтернативу **а** альтернативе **б**, то в уравнении (1) имеется четкое неравенство. Таким образом, функция v(•) имеет большее число для более предпочтительной альтернативы.

Предположим, что альтернативы в проблеме, по которой принимается решение, представлены согласно их уровням по ряду критериев. Например, при решении проблемы монтажа новой компьютерной системы критериями могут быть: стоимость установки оборудования; стоимость перевода компьютерной программы, базы данных и т. д.; расходы на обслуживание; эксплуатация (MIPS); память (Mb); объем памяти жесткого диска (Gb); время доступа к диску (μc); стабильность поставщика и аппаратная надежность (mtbf). При решении реальной проблемы может насчитываться значительно больше критериев. Данные критерии приведены лишь в качестве примера. Любая компьютерная система может быть описана при помощи вектора уровней критериев:

комп__сист = (стм__уст, стм__пер, расх__обсл, эксп, пам, обм__диск, дост__диск, стаб, над__апп.) (2)

Так, конкретной альтернативой может быть:

HAL = (1 млн. фунт. стерл., 0,8 млн. фунт. стерл., 0,5 млн. фунт. стерл., 25 MIPS, 64 Mb, 5,4 Gb, 5 μc, 27 дн).

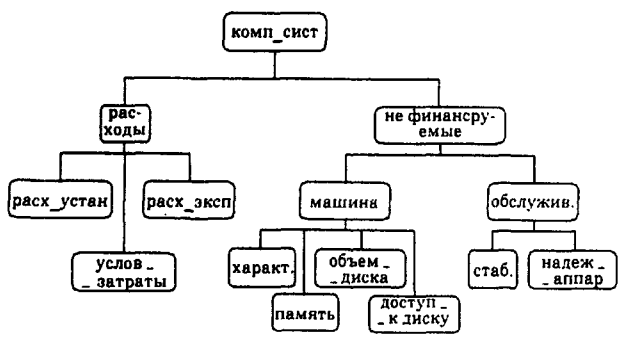


Рис. 3-7. Пример иерархии критериев

Следует заметить, что величина критерия 70 для HAL по позиции "стаб" означает стабильность поставок поставщика. Для выражения такого качества нет объективной шкалы измерения, это будет субъективная оценка ЛПР. Чуть позже мы вновь вернемся к таким оценкам.

Ряд критериев, используемых при решении проблемы, обычно группируются вместе в иерархическом порядке. В качестве примера на рис. 3-7 показана такая возможная иерархия. Критерии группируются вместе таким образом, чтобы они:

— создавали познавательный процесс и, следовательно, помогали процессу понимания;
— помогали формировать последующий анализ зависимости.

Первое положение не требует пояснений, второе мы проиллюстрируем чуть позже.

Исходя из вышесказанного, мы должны предположить, что при решении проблемы все альтернативы даются в виде векторов уровней критериев "k", при этом альтернативы выглядят как:

$$a = (a_1, a_2, \ldots, a_k),$$

где a_i — уровень, который имеет альтернатива **a** по i-му критерию.

Во многих случаях функция зависимости $v(\bullet)$ является "привлекательной" функцией этих уровней. В частности, $v(\bullet)$ часто может быть выражена в дополнительной образующей:

$$v(\mathbf{a}) = u_1(a_1) + u_2(a_2) + \ldots + u_k(a_k) = \\ = \Sigma_i\, u_i(a_i). \qquad (3)$$

Случаи, когда встречается дополнительная образующая, приведены в литературе (см., напр., [2]). Фактически во всех таких дискуссиях имеется элемент "курицы и яйца", поскольку выбор критериев тесно связан с обоснованием выражения дополнительной образующей. Многие аналитики считают, что обычно можно выбрать в проблеме соответствующие критерии таким образом, что в ней будет присутствовать дополнительная образующая.

На практике обычно используются варианты по форме дополнительной образующей (3). Все функции составляющей ценности $u_i(\bullet)$ оцениваются по одной шкале. Имеется много преимуществ раздельного проведения оценки функций этих составляющих и решения задачи приведения их к общей шкале измерения. Это позволяет вводить неотрицательные весовые величины w_i:

$$v(\mathbf{a}) = w_1v_1(a_1) + w_2v_2(a_2) + \ldots + w_kv_k(a_k) = \\ = \Sigma_i\, w_iv_i(a_i). \qquad (4)$$

Сравнение выражений (3) и (4) показывает, что, очевидно, остается только записать $w_iv_i(a_i)$ для $u_i(a_i)$, однако, на практике выдвигаются некоторые условия по основным вариантам предпочтения. Строго говоря, мы описываем функцию измеряемой аддитивной величины, которая выражает степень предпочтения между альтернативами **a** и уровнями критериев a_i. Тем не менее, они представляют собой обычные допущения, и мы не будем их здесь обсуждать.

При данной структуре модели аддитивных величин (4) мы можем указать на те рассуждения, которые необходимо сделать ЛПР при оценке своих вариантов выбора и построении $v(\mathbf{a})$ для каждой альтернативы. Необходимо добиваться обоснования своего выбора, чтобы можно было затем построить каждую функцию ценности $v_i(\bullet)$ составляющей "k". Затем следует продолжить обоснование, чтобы определить соответствующие величины w_i весов "k".

Например, $v_{\text{пам}}(\bullet)$ может иметь форму, приведенную на рис. 3-8. Ее выгнутая (с изгибом вниз) форма указывает на то, что ЛПР оценивает увеличение памяти с 8 до 9 Mb больше, чем с 32 до 33 Mb. Оценку этой кривой можно провести несколькими способами. Возможно, самый простой способ состоит в том, чтобы спросить у ЛПР, какое он придает среднее значение предпочтению между 8 и 128 Mb, т. е. какова величина xMb, до которой он оценивает увеличение с 8 до xMb так же, как и увеличение с xMb до 128 Mb? Если шкала $v_{\text{пам}}(\bullet)$ устанавливается как $v_{\text{пам}}(8) = 0$ и $v_{\text{пам}}(128) = 100$, тогда $v_{\text{пам}}(x) = 50$. Ответ на вопрос о среднем значении предпочтения между 8

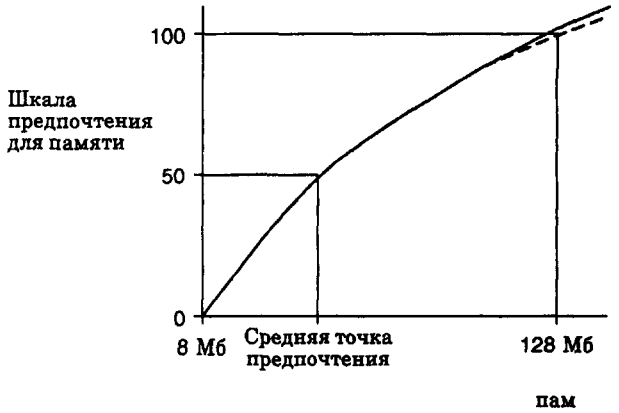


Рис. 3-8. Возможная форма для $v_{\text{пам}}(\bullet)$

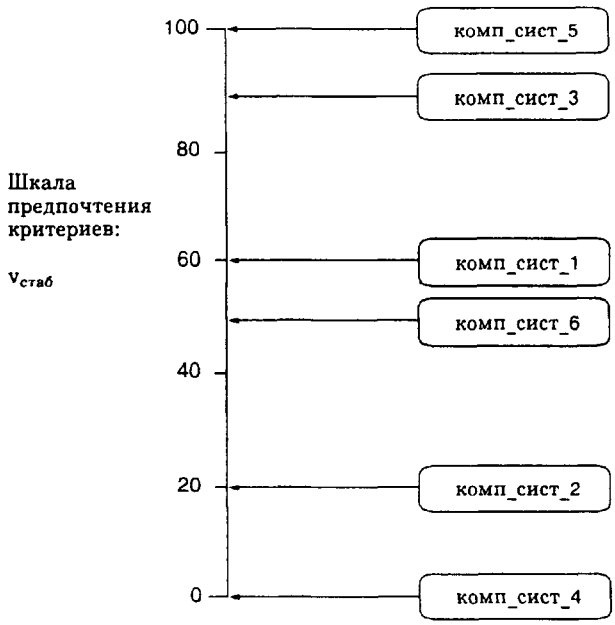


Рис. 3-9. Прямая оценка $v_{стаб}$ (комп–сист)

и xMb дает x′Mb, равную $v_{пам}(x') = 25$ и так далее. После того, как будет найдено достаточное количество точек для $v_{пам}(\bullet)$, можно провести кривую.

Заслуживающим замечания моментом в этой оценке является то, что от ЛПР требуется найти средние значения путем рассуждения. Хотя, как правило, делает он это без особого труда, обычно он понимает, что фактически можно дать только диапазон для среднего значения предпочтения. Позже, при проведения анализа необходимо снова вернуться к оценке и ввести несколько другие уровни средних значений, однако такие, которые тем не менее будут выглядеть приемлемыми для ЛПР, для того чтобы убедиться, будут ли они вести к другому выводу или нет.

Описанный здесь метод имеет смысл, когда имеется много альтернатив для оценки и уровни альтернатив по i-му критерию можно легко найти. Когда в проблеме решения имеется только несколько альтернатив, тогда работа ЛПР может быть существенно облегчена, если вместо построения $v_i(\bullet)$ для всех возможных уровней критерия и затем изменения a_i через $v_i(\bullet)$ для получения $v_i(a_i)$ попросить ЛПР оценить $v_i(a_i)$ непосредственно. Прямая оценка $b_i(a_i)$ необходима, когда нет объективной шкалы i-му критерию, что характерно на примере критерия "стаб". На рис. 3-9 показана прямая оценка $v_{стаб}$(комп__сист).

От ЛПР требуется расположить альтернативные компьютерные системы в порядке его предпочтения по критерию стабильности поставок поставщиков. Затем после оценки наиболее предпочитаемой им альтернативы в 100 баллов и наименее предпочитаемой в 0 баллов его просят оценить другие альтернативы таким образом, чтобы степень его предпочтения была выражена в баллах. На рис. 3-9 показан результат проведения такой работы для случая, когда считается, что комп__сист 3 вносит столько же улучшений по сравнению с комп__сист 6, что и комп__сист 1 по сравнению с комп__сист 2. В обоих случаях разница в баллах равняется 40.

Снова следует заметить, что ЛПР необходимо определить численные значения путем обоснования. Обычно это не представляет для него особых трудностей при условии, что, как и прежде, он может повторно исследовать эффект использования слегка измененных величин.

Следующим шагом является оценка весов w_i. Это не просто тот случай, когда ЛПР рассуждает, что, скажем, "стоимость установки оборудования должна равняться 30% веса". Это означало бы, что веса имеют как бы абсолютные значения независимо от длины шкалы предпочтения критериев. Следует помнить, что наибольшая и наименьшая величина каждого $v_i(\bullet)$ были выбраны произвольно в 100 и 0 баллов, соответственно. Веса выполняют две тесно взаимосвязанные задачи:

— они указывают ЛПР на относительную важность различных критериев;
— они представляют собой как бы "курс обмена" между различными шкалами предпочтения критериев, приводя их к общей шкале.

Свинг-взвешивание является методом оценки, который учитывает обе эти задачи. ЛПР просят сравнить пару гипотетических альтернатив, отличающихся между собой только количеством баллов по длине двух шкал предпочтения критерия, по другим же критериям (k-2) они имеют одни и те же баллы. Предположим, два критерия, по которым они отличаются, — это "дост__диск" и "эксп". ЛПР просят представить себе, что одна альтернатива имеет 100 баллов по "дост__диск" и 0 баллов по "эксп", а другая — 0 баллов по "дост__диск" и 100 баллов по "эксп". Чему он отдаст предпочтение? Предположим, что он отдает предпочтение второму случаю. Это означает, что 100 баллов по "эксп" значат для него больше, чем 100 баллов по "дост__диск". Следовательно, $w_{эксп} > w_{дост_диск}$. Предположим теперь, что его просят представить себе, что вторая альтернатива усовершен-

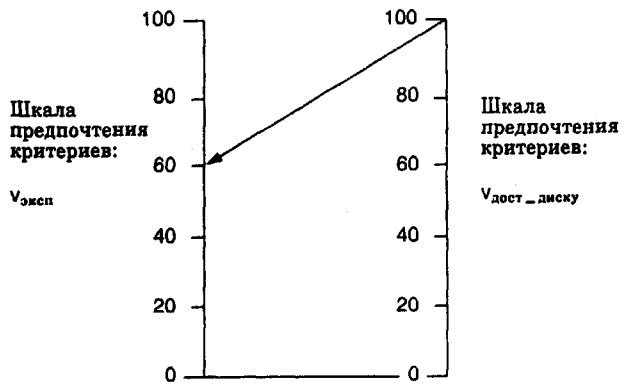


Рис. 3-10. Иллюстрация метода свинг-взвешивания

ствована настолько, что она имеет теперь, скажем, у баллов по "эксп". Предположим далее, что величина у меняется, пока ЛПР не проявляет интереса к этим двум альтернативам. Тогда, если $w_{эксп}$ равна 100 баллам, $w_{дост_диск}$ должна равняться у/100, поскольку 100 баллов на шкале предпочтения "дост_диск" стоит у баллов по шкале предпочтения "эксп".

На рис. 3-10 показана суть метода свинг-взвешивания. Если величина у, которая нас не интересует, равна, скажем, 60, то 100 баллов по шкале предпочтения "дост_диск" равняются 60 баллам по шкале предпочтения "эксп".

Повторяя этот процесс для других пар гипотетических альтернатив, можно вывести полный ряд весов. На практике имеет смысл начать этот процесс с определения критерия, имеющего наибольшую величину w_i, и затем рассмотреть пары (k-1), в которых этот критерий сравнивается в свою очередь с каждым из других.

И снова следует заметить, что ЛПР необходимо определить численные значения путем обоснования. Рассмотрение вопроса зависимости любых выводов от изменения их величин потребуется позже при анализе решения.

Следующим шагом является расчет $v(a) = \Sigma_i w_i v_i(a_i)$ для альтернатив, содержащихся в проблеме, подлежащей решению, и таким образом расстановке их по ранжиру в предварительном порядке. Однако, ЛПР необходимо быть достаточно мудрым и делать такую расстановку в ряд с большой осторожностью до тех пор, пока он не определит, насколько такая расстановка зависит от вариантов его исходных рассуждений.

Анализ зависимости

Имеется два вида численного ввода в модели принятия решений: объективные и оценочные данные. Под "объективными данными" имеются в виду параметры, которые определяют физические аспекты альтернатив, состояний и последствий модели принятия решения. "Оценочные данные" означают параметры, связанные с субъективным мнением и предпочтениями ЛПР. Хотя необходимо всегда проверять обоснованность выводов после проведения любого анализа относительно изменений обоих видов данных, ниже внимание полностью уделяется анализу зависимости от оценочных данных.

Расчеты зависимости позволяют ЛПР интуитивно рассматривать влияние вариантов своих вводимых оценок на составление ряда альтернатив. Когда незначительные варианты вызывают значительные последствия, то ясно, что ЛПР необходимо вернуться к рассмотрению ранее сделанных оценок, дабы убедиться, что данные, которыми он пользовался, отражают наилучшим образом его убеждения и предпочтения. Когда ничто не влияет даже на выбранные им средние и верхние значения предпочтения в альтернативах, тогда он может быть уверен, что можно не обращать внимания на какие-либо сомнения, которые у него возникают в ходе этих рассуждений. Анализ зависимости также играет роль объединяющего элемента при обсуждении в группе. Результаты, получаемые при помощи этой модели, можно проверить, используя широкий диапазон численных значений, полученных для любого суждения, по которому группа не может прийти к согласию. Часто оказывается, что на окончательную расстановку в ряд альтернатив мало влияют варианты по диапазону цифровых величин, предложенных членами группы. Конечно, во многих случаях имеют место значительные изменения, и группа должна обсудить величины этих оценочных данных. Таким образом, анализ зависимости обращает внимание на существенные вопросы и помогает избежать пустого обсуждения. Для полного обсуждения мотивов рассмотрения зависимости при проведении анализов принятия решений см. [14].

Наиболее простой и общей формой анализа зависимости, используемой в настоящее время в теории аддитивных величин, является изучение влияния изменения отдельного веса. Рис. 3-11 иллюстрирует это высказывание для веса $w_{расх_обсл}$. Идея состоит в следующем. Предположим, что веса нормализованы по сумме до 1. Тогда $w_{расх_обсл}$ составляет часть общего веса, выделяемого на расходы по обслуживанию. Предположим, что в настоящее время $w_{расх_обсл}$ составляет 35%. Это показано на рис. 3-11 прерывистой вертикальной линией при 35%.

Предположим, что $w_{расх_обсл}$ меняется, и все другие веса меняются так, что сумма всех весов

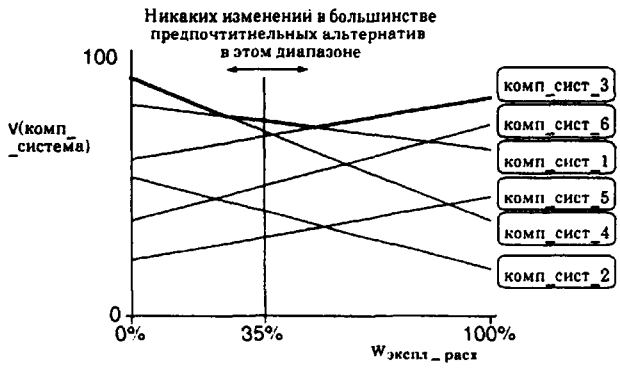


Рис. 3-11. Чувствительность к изменению единичного весового значения

остается равной 1 и соотношения между всеми парами весов, не относящихся к $w_{расх_обсл}$, остаются прежними. Исходя из этого, можно определенно говорить о росте $w_{расх_обсл}$ до 42% или снижении до 23%. При таком изменении $w_{расх_обсл}$ также будет изменяться v(комп__сист) для каждой альтернативной компьютерной системы. Фактически, v(комп__сист) будет изменяться линейно с $w_{расх_обсл}$. Так нанесена прямая линия на рис. 3-11 для каждой компьютерной системы, показывающая изменение v(комп__сист) от $w_{расх_обсл}$. Порядок точек пересечения этих линий с любой вертикальной соответствует расстановке в ряд, получаемый при помощи функции аддитивных величин при данной стоимости $w_{расх_обсл}$. Следовательно, нетрудно найти величины $w_{расх_обсл}$, при которых изменяется расстановка в ряд, а именно величины, соответствующие пересечению двух или более линий $v_{(комп_сист)}$. В частности, величины $w_{расх_обсл}$, при которых варианты наиболее предпочитаемой альтернативы соответствуют вершинам в верхней огибающей линии. (Верхняя огибающая линия показана как более толстая линия на рис. 3-11.)

Выше мы упомянули, что иерархический ряд критериев может помочь в формировании анализа зависимости. Например, ЛПР может беспокоить то, что он дает слишком большой вес нефинансовым критериям. При иерархии, показанной на рис. 3-7, можно определить вес в "нефинансовой" узловой точке просто как сумму весов в нижних узловых точках под ней:

$$w_{нефин} = w_{эксп} + w_{пам} + w_{обм_диск} + w_{дост_диск} + w_{стаб} + w_{апп_надж}. \quad (5)$$

Исследование зависимости результатов от $w_{нефин}$ озадачит ЛПР.

Стандартные программы обеспечения, такие, как HIVIEW, Logical Decision и VISA, выдают графики, аналогичные тем, что показаны на рис. 3-11.

Из выражения (4) для функции аддитивных величин v(**a**) ясно, что влияние изменения отдельного веса w_i действует так же, как изменение числа $v_i(a_i)$, где под $v_i(a_i)$ имеется в виду значение по шкале предпочтения i-му критерию для альтернативы не a_i, уровню, который достигает эта альтернатива по i-му критерию. Когда значение $v_i(a_i)$ определяется непосредственно, как на рис. 3-9, ЛПР может исследовать зависимость выводов от вариантов своих оценочных вводимых данных при помощи графика, аналогичного тому, что показан на рис. 3-11 с горизонтальными осями, представляющими $v_i(a_i)$ вместо w_i. Если значение $v_i(a_i)$ определяется не прямым путем, как на рис. 3-8, то анализ зависимости необязательно прямо связан с исходными оценочными данными по причине возможной нелинейной связи между $v_i(a_i)$ и оценками о месте расположения среднего значения предпочтения.

Литература к Приложению 3

[1] BELTON, V., VICKERS, S., VISA Software Package, Department of Management Science, University of Strathclyde, Glasgow.

[2] FRENCH, S., Decision Theory: An Introduction to the Mathematics of Rationality, Horwood, Chichester (1986).

[3] WATSON, S.R., BUEDE, D., Decision Synthesis: The Principles and Practice of Decision Analysis, Cambridge University Press, Cambridge (1987).

[4] PHILLIPS, L.D., A theory of requisite decision models, Acta Psychol. **56** (1984) 29–48.

[5] PHILLIPS, L. D., "Decision analysis for group decision support", in Ref. [9].

[6] BARCLAY, S., HIVIEW Software Package, Decision Analysis Unit, London School of Economics and Political Science, London.

[7] BELL, D.E., RAIFFA, H., TVERSKY, A. (Eds), Decision Making: Descriptive, Normative and Prescriptive Interactions, Cambridge University Press, Cambridge (1988).

[8] BELTON, V., "Multiple criteria decision analysis — practically the only way to choose", Operational Research Tutorial Papers 1990 (HENDRY, L.C., EGLESE, R.W., Eds), Operational Research Society, Birmingham (1990) 53–101.

[9] EDEN, C., RADFORD, J. (Eds), Tackling Strategic Problems: The Role of Group Decision Support, Sage, London (1990).

[10] FRENCH, S. (Ed), Readings in Decision Analysis, Chapman and Hall, London (1989).

[11] HALL, P., Managing change and gaining corporate commitment, ICL Tech. J. 7 (1986) 213–227.

[12] VON WINTERFELDT, D., EDWARDS, W., Decision Analysis and Behavioral Research, Cambridge University Press, Cambridge (1986).

[13] HARVEY-JONES, J., Making It Happen, Fontana, London (1988).

[14] FRENCH, S., "The role of sensitivity analysis in decision analysis', Executive Information Systems and Decision Making (MITRA, G., Ed.), Chapman and Hall, London (1991).

Часть 3
Выводы и рекомендации

Содержание

1. Задачи Проекта и ограничения, связанные с его выполнением 599

2. Загрязнение окружающей среды 601
   2.1. Общие выводы 601
   2.2. Подробные выводы 601
   2.3. Рекомендации 602

3. Радиационное облучение населения 603
   3.1 Общие выводы 603
   3.2. Подробные выводы 603
   3.3. Рекомендации 604

4. Воздействие на здоровье и возможные клинические последствия облучения 605
   4.1. Общие выводы 605
   4.2. Подробные выводы 605
   4.3. Рекомендации 607

5. Защитные меры 609
   5.1. Общие выводы 609
   5.2. Подробные выводы 609
   5.3. Рекомендации 612

1. Задачи Проекта и ограничения, связанные с его выполнением

Выводы и рекомендации, выработанные в рамках Международного чернобыльского проекта, были одобрены Международным консультативным комитетом (МКК) на его совещании в Вене 18–22 марта 1991 года. Они основаны на результатах оценок радиологических последствий аварий и состояния здоровья населения, проведенных в рамках Проекта. Технические детали этих оценок можно найти в обстоятельном Техническом докладе, к которому следует обращаться за всей дальнейшей информацией.

Настоящие выводы и рекомендации обусловлены рамками и ограничениями замысла Проекта. Эти рамки и ограничения следует учитывать во избежание более широкого или узкого толкования выводов и рекомендаций, чем это предполагается Проектом. В идеальном случае группы экспертов, работавшие в рамках Проекта, должны были обладать временем и ресурсами, достаточными для тщательного изучения и независимой проверки всей доступной им информации, а также для проведения более широких независимых анализов. Нереально было рассчитывать на возможность проведения таких всеобъемлющих работ, да они и не были бы вполне оправданы. По ряду причин потребовались и были приняты более ограниченные задачи: время для выполнения Проекта было лимитировано; предоставленные группам экспертов данные не всегда оказывались полными; оценка радиационной обстановки непосредственно после аварии уже не могла получить независимого подтверждения из-за истекшего после аварии времени и, следовательно, распада короткоживущих радиоизотопов; количество независимых экспертов, как и отведенное им время, было ограничено; на тысячах квадратных километров загрязненной территории невозможно было провести тщательный контроль или систематическое обследование "горячих пятен" загрязнения; было также невозможно обследовать в индивидуальном порядке сотни тысяч людей, живущих в этих районах. Наконец, обследование в рамках Проекта сосредоточивалось в основном на таких человеческих проблемах и соответствующих им экологических аспектах, как загрязнение, влияющее на сельскохозяйственную деятельность; последствия аварии для других биологических видов конкретно не рассматривались.

Таким образом, усилия были направлены на проверку и подтверждение данных, методов и методологий, применявшихся для оценки уровней загрязнения, доз[1] и последствий для здоровья; они также были направлены на оценку политики в области радиационной защиты. Были получены независимые данные, достаточные для того, чтобы работавшие в рамках проекта группы экспертов могли сформулировать независимые заключения.

Значительные усилия были направлены на оказание помощи компетентным органам СССР, БССР, РСФСР и УССР, которым срочно требовались рекомендации по мерам радиационной защиты (включая "концепцию безопасного проживания") и по связанным с ними практическим мерам и политике в области радиационной защиты. Радиологические соображения, влияющие на принятие таких мер, как отселение (например, дозы облучения и риск, которых можно избежать путем отселения людей), необходимо было оценить в контексте соответствующих психологических, социальных и экономических факторов.

В соответствующих загрязненных районах была проведена оценка состояния здоровья людей, проживающих в населенных пунктах этих районов со времени аварии. Она была осуществлена путем обследования населения с целью определения возможных последствий для здоровья, прямо связанных с облучением, а также последствий для здоровья, которые могли возникнуть в результате факторов, связанных с аварией, но не из-за облучения. Поскольку по этим группам населения имелось небольшое количество данных, относящихся к доаварийному периоду, необходимо было сравнить результаты по этим группам с результатами по другим группам

[1] Термин "доза", если специально не оговорено иное, как правило, означает "эффективную дозу", т. е. общую поглощенную дозу, надлежащим образом соотнесенную со степенью ущерба, который наносит данный вид радиации, и с подверженностью тканей организма человека повреждению.

жителей в данном регионе за пределами соответствующих загрязненных районов[2].

Поскольку Проект был ориентирован на население, проживающее в загрязненных районах в настоящее время, то рассматривались радиологические последствия для здоровья лишь тех из более чем 100 000 жителей, эвакуированных из зоны контроля вокруг Чернобыльской АЭС, которые в настоящее время проживают в районах обследования. В Проекте также не рассматривались последствия для здоровья большого числа привлеченных для борьбы с аварией людей (так называемых "ликвидаторов"), которые доставлялись в зону на определенное время для ликвидации последствий аварии и проведения восстановительных работ. Как сообщается, за состоянием здоровья этой группы людей, получивших профессиональное облучение, наблюдают медицинские учреждения на всей территории СССР.

Некоторым вопросам было уделено сравнительно небольшое внимание, в основном из-за отсутствия необходимых и достаточных данных. Например, оказалось невозможным подтвердить первоначальные уровни загрязнения почвы и облучения населения изотопами йода. Не были также предметом тщательной оценки предпринятые сразу же после аварии защитные меры (например, блокирование щитовидной железы путем йодопрофилактики и эвакуация).

Международный консультативный комитет придерживается мнения, что, несмотря на ограничение по срокам и недостаток финансовых и людских ресурсов, проект является весьма необходимым международным гуманитарным и научным мероприятием, отвечающим нуждам компетентных органов и населения СССР, пострадавшего от чернобыльской аварии.

Международный консультативный комитет признает наличие множества проблем в исследовании столь широкого масштаба. Тем не менее в данной работе участвуют ведущие и широко известные в международном масштабе ученые-исследователи и специалисты-медики, которые одобряют ее полноту и результаты. Этот Проект является значительным вкладом в оценку последствий аварии.

[2] В сотрудничестве с местными компетентными органами группы экспертов, работавшие в рамках Проекта, выбрали ряд населенных пунктов в соответствующих загрязненных районах для проведения необходимых обследований. Некоторые населенные пункты были расположены в районах с относительно высоким уровнем поверхностного загрязнения почвы, в то время как другие находились в районах с относительно низким уровнем поверхностного загрязнения почвы, однако там имелась потенциальная возможность получения населением высоких доз облучения. В данном тексте эти населенные пункты называются "обследованные загрязненные населенные пункты". Были выбраны также населенные пункты за пределами соответствующих загрязненных районов, которые использовались для целей сравнения. Эти населенные пункты называются "обследованные контрольные населенные пункты".

2. Загрязнение окружающей среды

2.1. Общие выводы

Выполненные в рамках Проекта измерения и оценки в целом подтвердили уровни поверхностного загрязнения цезием, которые были указаны на официальных картах, предоставленных группам в рамках Проекта. Результаты анализов ограниченного количества проб почвы, полученные этими группами, соответствовали оценкам поверхностного загрязнения по плутонию, но были ниже оценок по стронцию.

Измеренные концентрации радионуклидов в питьевой воде и, в большинстве случаев, в пищевых продуктах были в обследованных районах значительно ниже зафиксированных в рекомендациях уровней загрязнения радионуклидами пищевых продуктов, являющихся предметом международной торговли, и во многих случаях не достигали пределов обнаружения.

2.2. Подробные выводы

2.2.1. Возможности советских лабораторий

Аналитические возможности советских лабораторий представляются адекватными. Имеется развитая инфраструктура для анализа проб пищевых продуктов и окружающей среды. Уровень исполнения работ советскими лабораториями, которые участвовали во взаимных сравнениях, варьировался в широких пределах, но был аналогичен уровню, продемонстрированному в предшествующих международных мероприятиях по сравнению. Несколько выявленных проблем, включая тенденцию к завышению оценки содержания стронция, не оказали значительного влияния на использование данных, полученных от местных лабораторий для целей оценки доз.

Результаты оценки проведенных полевых исследований, несмотря на то, что в них не были включены "горячие пятна", по-видимому, представляются удовлетворительными в отношении средних значений, характеризующих поверхностные выпадения в соответствующем регионе. Согласно методологии, которая, как сообщалось, была использована, обнаруженные "горячие пятна" систематически исключались из оценок среднего поверхностного выпадения для соответствующего региона и не вошли в детальную информацию, представленную группам в рамках Проекта.

Обширные программы отбора и анализа проб поверхностных вод осуществляются на должном уровне. Определенные проблемы во время отбора проб и/или их анализа могли привести к возможному завышению оценки концентраций радионуклидов в воде.

Представленной информации оказалось недостаточно для того, чтобы оценить оборудование и процедуры отбора и анализа проб воздуха. Хотя относительный вклад в дозу радиоактивных веществ за счет вторичного пылеобразования считается незначительным, следует отметить, что нельзя исключить возможность вторичного пылеобразования, особенно во время сельскохозяйственных работ или в засушливые периоды.

Экспресс-анализ и современные методы, используемые на местах для дозиметрического контроля имеющихся в продаже пищевых продуктов с момента их производства до потребления, представляются удовлетворительными. Ввиду отсутствия детальной технической информации в рамках Проекта было невозможно с достаточной степенью точности оценить соответствующие методы калибровки приборов.

2.2.2. Независимые исследования в рамках Проекта

Для оценки поверхностного загрязнения в обследованных загрязненных и обследованных контрольных населенных пунктах использовались разнообразные методы наблюдения. Были подтверждены диапазоны средних значений поверхностного загрязнения почвы цезием, указанные на официальных картах, которые были предоставлены в распоряжение Проекта. Было обнаружено, что результаты по плутонию, полученные на основе ограниченного количества проб почвы, подвергнутых независимому анализу на содержание плутония и стронция, соответствовали сообщенным оценкам, однако в представленных данных была выявлена тенденция к завышению оценки содержания стронция.

Группы, работавшие в рамках Проекта, обнаружили, что радиоактивное загрязнение питьевой воды, пробы которой брались в обследованных загрязненных населенных пунктах, оказались значительно ниже уровней вмешательства, установленных компетентными органами.

Радиоактивное загрязнение проб пищевых продуктов в обследованных населенных пунктах

в большинстве случаев оказалось ниже уровней вмешательства, установленных ответственными компетентными органами. В некоторых населенных пунктах молоко из личных хозяйств, а также продукты питания, собранные в природных условиях вопреки официальным рекомендациям, потенциально могут быть загрязнены выше этих уровней.

2.3. Рекомендации

Местным лабораториям следует в конфиденциальном порядке сообщить об относящихся к ним выводах, полученных в рамках Проекта, и в случаях необходимости они должны принять соответствующие меры по исправлению положения. Следует в конфиденциальном порядке информировать местные лаборатории, участвующие в мероприятиях по взаимному сравнению, о результатах их работы, с тем чтобы они в случаях необходимости могли устранить имеющиеся проблемы.

Местные лаборатории должны иметь программы обеспечения качества с целью гарантированного получения надежных результатов. Этим лабораториям следует регулярно принимать участие в международных программах по взаимному сравнению и в международных мероприятиях по интеркалибровке.

Следует учредить программу по оценке значимости "горячих пятен". Осуществление исследовательских программ по характеристикам горячих частиц и их распространенности в окружающей среде является вполне обоснованным, и их следует продолжать.

Следует усовершенствовать технику отбора и анализа проб воды, с тем чтобы привести ее в соответствие с процедурами, установленными компетентными органами. Необходимо исследовать потенциальную опасность долгосрочного загрязнения водоемов, возможно, ведущего к загрязнению водных пищевых цепочек. Следует наметить проведение исследований по изучению поведения радионуклидов в экосистемах и десорбции стронция из отложений в поверхностных водоемах и его влияния на сельскохозяйственную деятельность через мелиорацию.

По-видимому, целесообразно рассмотреть вопрос об использовании в будущем в СССР апробированных моделей прогнозирования уровней содержания радионуклидов в пищевых продуктах, что может оказаться экономически эффективным в долгосрочном плане и сократить необходимость проведения большого количества анализов.

Все данные о радиоактивном загрязнении из БССР, РСФСР и УССР следует направлять в Центральный банк данных СССР в Обнинске, с тем чтобы они были доступны всем республикам. Целесообразно, чтобы вся эта информация была доступна соответствующим институтам и учреждениям.

Следует осуществить программу по разработке более подробных официальных крупномасштабных карт загрязнения.

Чтобы получить более точную информацию о значении вторичного пылеобразования и ингаляционного поступления, следует учредить совместную программу отбора и анализа проб воздуха, в которой участвовали бы местные лаборатории и сети международных лабораторий, замыкающихся на Лабораторию МАГАТЭ в Зайберсдорфе.

3. Радиационное облучение населения

3.1. Общие выводы

Официальные процедуры оценки доз были обоснованы с научной точки зрения. Применявшиеся методологии были направлены на получение оценок, исключающих недооценку доз. Независимые измерения доз внешнего и внутреннего облучения от цезия, инкорпорированного в теле человека, проведенные индивидуально среди населения, дали результаты, которые прогнозировались на основе расчетных моделей. Полученные в рамках Проекта независимые оценки для обследованных загрязненных населенных пунктов были ниже официально представленных данных по оценкам доз[3].

3.2. Подробные выводы

3.2.1. Внешнее облучение

В большинстве случаев внешнее облучение вследствие выпадения радионуклидов является самой большой составляющей дозы, особенно в тех районах, где вводились ограничения в отношении пищевых продуктов. Примененная методология расчетов внешней дозы подтверждается местными измерениями, проведенными с использованием термолюминесцентной дозиметрии.

Независимые измерения внешнего облучения в рамках проекта проводились под эгидой МАГАТЭ. Жителям семи населенных пунктов были розданы восемь тысяч индивидуальных пленочных дозиметров. Девяносто процентов результатов оказалось ниже порога обнаружения, составляющего 0,2 мЗв за двухмесячный период облучения. Этот результат согласуется с прогнозом на основе расчетных моделей.

3.2.2. Внутреннее облучение

Дозы, полученные в результате поступления в организм цезия в первые четыре года после аварии, оценивались компетентными органами на основе измерений инкорпорированного цезия, включая цезий-134 и цезий-137. Процедура оценки доз на базе этих измерений соответствует той, которая использовалась в независимых оценках, проведенных в рамках Проекта.

Официальные оценки прогнозируемых доз от поступления цезия основываются на ряде важных факторов, включая предполагаемый 14-летний период полуочищения окружающей среды от цезия-137. Такое предположение имеет целью исключить недооценку доз и является разумным.

Официальные оценки доз в результате поступления в организм стронция в первые четыре года после аварии основывались либо на метаболической модели и измерениях содержания стронция в пищевых продуктах, либо на предполагаемом соотношении содержания стронция и цезия в пищевых продуктах, если данные по стронцию отсутствовали.

Официальные оценки прогнозируемых доз в результате поступления в организм стронция-90 с пищей основывались на предположении о 10-летнем периоде полуочищения окружающей среды от стронция-90; такое предположение ранее не упоминалось, однако, как заявлено, оно вытекает из опыта, приобретенного после аварии 1957 года в СССР на установке по производству ядерных материалов в Кыштыме.

По результатам программы взаимного сравнения с использованием стандартизированных фантомов, в которой участвовали местные лаборатории и Лаборатория МАГАТЭ, точность измерений цезия во всем теле, достигнутая в местных лабораториях, является приемлемой для целей радиационной защиты.

Под эгидой МАГАТЭ в рамках Проекта были проведены измерения цезия во всем теле у более чем 9000 человек в девяти населенных пунктах. Результаты показали в целом более низкое содержание цезия во всем теле, чем прогнозировалось на основе применения большинства моделей переноса в окружающей среде, поступления с пищевыми продуктами и обмена веществ. Аналогичные результаты измерений цезия во всем теле отмечались и в других странах.

Официально представленные поглощенные дозы облучения щитовидной железы йодом были основаны на измерениях щитовидной железы, проведенных вскоре после аварии, и предположений в отношении его поступления. По официальным данным, средние поглощенные дозы облучения щитовидной железы в семи обследованных загрязненных населенных пунктах у детей в возрасте до семи лет имели диапазон от менее чем

[3] Эти оценки основывались на дозах, полученных в результате поступления цезия-137 и стронция-90; в надлежащих случаях учитывались также более короткоживущие изотопы цезия и стронция.

0,2 Гр до 3,2 Гр[4]. Однако провести независимую проверку представленных значений поглощенных доз облучения щитовидной железы не представлялось возможным, так как ко времени начала осуществления проекта весь йод подвергся полному распаду.

3.2.3. Сравнение оценок доз

Независимые оценки доз выполнялись в обследованных загрязненных населенных пунктах на основе средних значений выпадений. Было невозможно предположить, что оценка дозы, основанная на столь обобщенных допущениях или расчетах экологических моделей, точно отразит местные почвенные условия, агротехнические приемы и образ жизни населения в обследованных загрязненных населенных пунктах, но ожидалось, что результаты могли бы служить общей базой для сравнений.

Диапазоны оценок доз за 70 лет (1986–2056 гг.) составили:

Независимые оценки по обследованным загрязненным населенным пунктам:

Доза внешнего облучения	60–130 мЗв
Доза внутреннего облучения (цезий)	20– 30 мЗв
Суммарная доза (включая стронций):	80–160 мЗв

Официально представленные оценки по тем же населенным пунктам:

Доза внешнего облучения	80–160 мЗв
Доза внутреннего облучения (цезий)	60–230 мЗв
Суммарная доза (включая стронций):	150–400 мЗв

Независимые оценки в рамках Проекта по обследованным загрязненным населенным пунктам были ниже оценок доз, представленных официально. В целом независимые и официально представленные оценки согласуются в пределах коэффициента 2–3[5].

3.3. Рекомендации

В официальных процедурах оценки доз, представленных экспертам в рамках Проекта, используются детерминистские модели, имеющие целью не допустить занижения оценок доз. Следует разработать вероятностные методы оценки доз, с тем чтобы в конечном итоге получить более реалистичные оценки доз и полностью оценить неопределенности в расчетах.

В предстоящие несколько десятилетий должна появиться возможность расширить научные знания о коэффициентах переноса в окружающей среде путем проведения исследований в соответствующих загрязненных районах. Следует продолжить измерения мощности доз внешнего излучения, содержания цезия в организме человека и содержания цезия и стронция в пищевых продуктах.

Хотя считается, что вторичное пылеобразование является незначительной потенциальной относительной составляющей дозы даже для лиц, работающих вне помещений, следует провести оценку доз для таких критических групп, как работники сельского хозяйства.

Местным ученым следует принимать более активное участие в международных исследованиях по обоснованию оценок доз. Такая деятельность включает взаимные сравнения моделей переноса в окружающей среде и взаимные сравнения дозиметрии внутреннего и внешнего облучения.

Местным ученым следует более активно участвовать в международных программах как на официальном (семинары, симпозиумы и конференции), так и на неофициальном уровне, с тем чтобы обмениваться информацией о технологии, которая может применяться для эффективного решения дозиметрических проблем. Следует оказывать поддержку специалистам в приобретении опыта работы в зарубежных лабораториях.

[4] По официальным сообщениям, максимальное значение реконструированной поглощенной дозы облучения щитовидной железы (в Брагине) составило 30–40 Гр.

[5] Эти выводы были сделаны на основе оцененных или сообщенных значений доз, полученных в результате внешнего облучения всеми соответствующими радионуклидами, и доз, полученных в результате внутреннего облучения цезием-134, цезием-137 и стронцием-90. Учитывались также дозы облучения щитовидной железы йодом-131, другими короткоживущими изотопами йода и их исходными изотопами.

4. Воздействие на здоровье и возможные клинические последствия облучения

4.1. Общие выводы

Были отмечены значительные не обусловленные радиацией нарушения здоровья у жителей как обследованных загрязненных, так и обследованных контрольных населенных пунктов, которые изучались в рамках Проекта, но не было выявлено каких-либо нарушений здоровья, непосредственно связанных с воздействием радиационного облучения. Авария повлекла за собой значительные отрицательные психологические последствия, выражающиеся в повышенном чувстве тревоги и возникновении стресса из-за постоянного ощущения весьма сильной неопределенности, что наблюдалось и за пределами соответствующих загрязненных районов. Они усугублялись социально-экономическими и политическими переменами, происходящими в СССР.

Изученные официальные данные не содержали информации о каком-либо заметном существенном росте заболеваемости лейкемией или раком. Однако эти данные были не настолько подробными для того, чтобы можно было полностью исключить возможность какого-либо увеличения частоты возникновения некоторых видов опухолей. Нет четких — с точки зрения общей патологии — документальных свидетельств увеличения заболеваемости раком щитовидной железы в результате облучения. Представленные оценки поглощенных доз облучения щитовидной железы у детей говорят о том, что в будущем возможно статистически определяемое увеличение частоты возникновения опухолей щитовидной железы.

На основе оцененных в рамках Проекта доз и принятых в настоящее время оценок радиационного риска можно сказать, что будущее увеличение числа всех раковых заболеваний или наследственных изменений по сравнению с естественным уровнем будет настолько мало, что его будет трудно статистически определить даже при широкомасштабных и хорошо организованных долгосрочных эпидемиологических исследованиях.

4.2. Подробные выводы

4.2.1. Нынешние последствия для здоровья, приписываемые воздействию радиации

Сообщения о вредных для здоровья последствиях, объясняемых воздействием радиации, не подтвердились ни надлежащим образом проведенными местными исследованиями, ни исследованиями в рамках данного Проекта.

Многие местные клинические исследования последствий для здоровья были выполнены на низком уровне, что привело к получению вводящих в заблуждение и подчас противоречивых результатов. К причинам этих неудач относились такие факторы, как отсутствие качественного обслуживания оборудования и материалов, плохая информация из-за отсутствия документации и доступа к научной литературе и нехватка хорошо подготовленных специалистов. Тем не менее, несмотря на эти трудности, ряд местных клинических исследований был выполнен тщательно и компетентно, и в большинстве случаев группы, работавшие в рамках Проекта, смогли подтвердить их результаты.

4.2.2. Конкретные результаты исследований по месту жительства в рамках Проекта

Постоянные жители обследованных загрязненных сельских населенных пунктов (с уровнем поверхностного загрязнения цезием выше 15 Ки/км^2 или 555 кБк/м^2) и обследованных контрольных населенных пунктов с населением от 2000 до 50 000 человек были подвергнуты медицинскому исследованию на местах; при этом использовался метод сравнения аналогичных возрастных групп. Исследования проводились во второй половине 1990 года и отражают состояние здоровья населения на то время. Стратегия исследования, которая заключалась в том, чтобы пролить свет на основные проблемы здоровья, выявленные в ходе общих клинических осмотров и с помощью сложных лабораторных анализов, была адекватна поставленной задаче — ответить на большинство вопросов, вызывающих обеспокоенность населения. Исчерпывающего обследования каждого человека в отдельности не проводилось, и исследование не решило все вопросы, связанные с потенциальными последствиями для здоровья.

Психологические нарушения

Чернобыльская авария породила множество серьезных психологических проблем, связанных с повышенным чувством тревоги и стрессом, и в

районах, охваченных исследованиями в рамках проекта, эти проблемы распределялись совсем не пропорционально биологической значимости радиоактивного загрязнения. Они распространены даже в контрольных населенных пунктах. Последствия аварии неразрывно связаны со многими социально-экономическими и политическими событиями, которые происходили в СССР.

Значительная часть населения испытывает серьезную обеспокоенность; эти люди не совершают каких-либо неразумных действий, которые можно было бы отнести к радиофобии. Подавляющее большинство исследованных взрослых как в обследованных загрязненных, так и в обследованных контрольных населенных пунктах, где побывала группа экспертов, полагали, что они либо заболели вследствие облучения, либо испытывали сомнения по этому поводу. Большинство взрослых как в обследованных загрязненных, так и в обследованных контрольных населенных пунктах проживали в них с рождения, и практически все указали, что жили там и до аварии, поэтому отселение для них является одним из наиболее важных вопросов. В то время как в обследованных контрольных населенных пунктах отселиться хотели около 8% взрослых, обеспокоенность взрослых в обследованных загрязненных населенных пунктах была столь значительной, что отселиться желали 72%. Доля тех, кто считает, что правительство должно отселить всех жителей, выше: 20% и 83% соответственно.

Общее состояние здоровья

Обследованные дети были признаны в целом здоровыми. Исследования по месту жительства показали, что у значительного числа взрослых как в обследованных загрязненных, так и в обследованных контрольных населенных пунктах наблюдаются существенные медицинские проблемы, от 10 до 15% из них (исключая взрослых, страдающих гипертонией) нуждаются в медицинской помощи.

Нарушения сердечно-сосудистой системы

Выявлено много взрослых с гипертонической болезнью; однако статистические данные по систолическому и диастолическому кровяному давлению были одинаковыми для обследованных загрязненных и обследованных контрольных населенных пунктов, и эти данные были сравнимы с опубликованными значениями для Москвы и Ленинграда.

Питание

Рацион питания не очень разнообразен, но достаточен. На основе полученной информации не обнаружено существенных различий в режимах питания жителей обследованных загрязненных и обследованных контрольных населенных пунктов. Не было обнаружено никаких признаков вредного воздействия на рост организма в результате добровольных или официальных ограничений в потреблении пищевых продуктов, введенных в результате аварии. Не было обнаружено значительного различия между темпами развития детей в обследованных загрязненных и обследованных контрольных населенных пунктах, и эти темпы для обеих групп ничуть не выходят за пределы опубликованных советских и международных норм. Во всех обследованных районах, как правило, отмечался избыточный по международным нормам вес взрослого населения. Поступление и выведение йода находилось на нижнем уровне допустимых пределов. Большинство других компонентов рациона питания были удовлетворительными; однако поступление витаминов не рассматривалось. Поступление с пищей токсичных элементов (свинец, кадмий, ртуть) было низким по сравнению с сообщавшимися по многим другим странам значениями и гораздо ниже максимально допустимых уровней поступления, определенных международными организациями. Было изучено также содержание уровней свинца в крови, и результаты показали, что эти уровни никоим образом не выходят за рамки нормального диапазона.

Нарушения функции щитовидной железы

У обследованных детей не было обнаружено изменений в уровне тиреотропного гормона или гормона щитовидной железы (свободный T_4). Не было обнаружено статистически значимого различия между какими-либо возрастными группами в обследованных загрязненных и обследованных контрольных населенных пунктах.

Средние размеры и распределение размеров щитовидной железы были одинаковы у населения обследованных загрязненных и обследованных контрольных населенных пунктов. У детей крайне редко встречались узелковые уплотнения щитовидной железы; такие уплотнения имели до 15% взрослых как в обследованных загрязненных, так и в обследованных контрольных населенных пунктах. Результаты, полученные в рамках Проекта, аналогичны данным, имеющимся в отношении населения других стран.

Гематология

Было выявлено некоторое число детей с низким уровнем гемоглобина и эритроцитов. Однако не было обнаружено статистически значимого различия между этими величинами во всех возрастных группах населения обследованных загрязненных и обследованных контрольных населенных пунктов. При исследовании лейкоцитов и тромбоцитов различий между группами населения этих районов не обнаружено. Явные признаки значительного воздействия аварии на иммунные системы отсутствуют (если судить по уровню лимфоцитов и распространенности других заболеваний).

Новообразования

Рассмотрение советских данных показало, что зарегистрированный уровень заболеваемости раком за последнее десятилетие повышался (что началось еще до чернобыльской аварии) и после нее продолжает расти теми же темпами. Группа в рамках Проекта сочла, что ранее представлялись неполные данные, и ей не удалось установить, обусловлен ли такой рост большей заболеваемостью, различием используемых методологий, более высокой точностью обнаружения и установления диагноза или другими причинами. Имеющиеся данные не свидетельствовали о том, что со времени аварии произошло сколь-либо заметное увеличение числа случаев лейкемии или опухолей щитовидной железы; однако вследствие применяемой системы классификации и других факторов, возможность незначительного роста частоты возникновения таких опухолей исключаться не может. Сведения о таких опухолях имеются только в виде слухов.

Катаракты вследствие облучения

Среди населения в целом не найдено каких-либо свидетельств возникновения катаракты вследствие облучения.

Биологическая дозиметрия

До сих пор проводятся исследования мутации хромосом и соматических клеток у взрослых, которые работали вне помещений, ибо предполагается, что уровень их облучения самый высокий. Пока не обнаружено существенного различия между взрослыми, проживающими в обследованных загрязненных и обследованных контрольных населенных пунктах. Полученные данные согласуются с оценками доз, выполненными в рамках Проекта.

Аномалии плода и генетические изменения

Обзор советских данных по населенным пунктам в соответствующих загрязненных районах, а также по республикам в целом показал относительно высокие уровни детской и перинатальной смертности. Эти уровни наблюдались и до аварии и имеют тенденцию к снижению. Не было обнаружено статистически значимого свидетельства увеличения числа аномалий плода в результате облучения.

4.2.3. Потенциальные отдаленные последствия для здоровья

Рассмотренные данные не дали надлежащей основы, позволяющей определить, имелось ли вследствие аварии небольшое увеличение числа случаев лейкемии или рака щитовидной железы. Данные были недостаточно подробными для того, чтобы исключить возможность увеличения числа случаев возникновения некоторых видов опухолей. На основе оцененных в рамках Проекта доз и принятых в настоящее время оценок радиационного риска можно сказать, что будущее увеличение числа всех раковых заболеваний или наследственных изменений по сравнению с естественным уровнем будет настолько мало, что его будет трудно статистически определить даже при широкомасштабных и хорошо организованных долгосрочных эпидемиологических исследованиях. Сообщенные оценки поглощенных доз облучения щитовидной железы у детей таковы, что в будущем возможно статистически определяемое увеличение случаев возникновения опухолей щитовидной железы.

4.3. Рекомендации

4.3.1. Общее состояние здоровья населения и потенциальные последствия аварии

Прежде чем будут предприняты какие-либо дальнейшие шаги по отселению, следует рассмотреть неблагоприятные последствия отселения для здоровья.

Следует рассмотреть вопрос об организации программ по смягчению психологических последствий аварии. Они могут включать информационные программы для общественности. Кроме

того, должны быть разработаны образовательные программы для учителей и местных врачей по общим профилактическим мероприятиям в области здравоохранения и по последствиям облучения для здоровья человека.

Нынешняя политика, предусматривающая ежегодные медицинские осмотры, концептуально отвечает потребностям охраны здоровья населения в целом в соответствующих загрязненных районах. Однако для некоторых групп высокого риска (таких, как дети с высокими поглощенными дозами облучения щитовидной железы) потребуются конкретные медицинские программы с учетом соответствующих потенциальных рисков.

Следует предпринять энергичные действия с целью повышения качества медицинского, диагностического и исследовательского оборудования и улучшения положения дел в отношении медицинских материалов, пособий и запасных частей.

В клинических и научных исследованиях следует обращать особое внимание на использование соответствующих контрольных групп, стандартов и процедур контроля качества.

Следует усовершенствовать статистические методы и системы сбора данных и регистрации, используемые местными учеными, путем принятия и применения стандартов и методов, одобренных на международном уровне.

Следует расширить возможности информационного обмена и увеличить доступность научной литературы для местных специалистов в области здравоохранения.

4.3.2. Потенциальные отдаленные последствия аварии для здоровья

Ввиду ограниченности имеющихся ресурсов следует одобрить концепцию Научной консультативной группы ВОЗ по последствиям чернобыльской аварии для здоровья населения, а именно: сосредоточить усилия на будущих совместных исследованиях отдельных групп населения с высоким риском. Представляется непрактичным, чрезвычайно затруднительным и дорогостоящим проводить долгосрочные исследования или оценки всех лиц, проживающих в пострадавших республиках.

4.3.3. Общие проблемы здравоохранения в пострадавших республиках

Следует принять меры в отношении гипертонии у взрослых и гигиены полости рта в качестве основных задач здравоохранения. Следует провести повторную оценку необходимости продолжения программ йодирования соли; если они окажутся необходимыми, следует оценить эффективность соответствующего химического процесса.

5. Меры радиационной защиты

5.1. Общие выводы

В результате беспрецедентной по характеру и масштабу чернобыльской аварии ответственные компетентные органы были вынуждены действовать в ситуации, которая не планировалась и не ожидалась. Поэтому многие меры на первом этапе необходимо было принимать без подготовки. Группы, работавшие в рамках Проекта, не могли ввиду сложности событий детально проанализировать многие меры, которые были приняты компетентными органами.

В тех случаях, когда группы в рамках Проекта смогли оценить эти меры, оказалось, что общая реакция компетентных органов была в целом обоснованна и соответствовала положениям международных руководств, действовавших во время аварии. Несомненно, некоторые меры можно было бы выполнить лучше и более своевременно, однако все необходимо рассматривать в контексте общих ответных действий.

Принятые или запланированные в долгосрочном плане защитные меры, хотя они и основывались на благих намерениях, в целом выходят за пределы того, что было строго необходимо с точки зрения обеспечения радиационной защиты. Меры по отселению и ограничению в отношении пищевых продуктов следовало бы принять в меньшем масштабе. Эти меры являются необоснованными с точки зрения радиационной защиты, но любое смягчение нынешней политики почти определенно могло бы привести к отрицательным результатам из-за высоких уровней стрессовых ситуаций и чувства тревоги жителей соответствующих загрязненных районов, а также нынешних ожиданий населения. Признается, однако, что имеется множество социальных и политических факторов, которые необходимо учитывать, и что окончательное решение должно приниматься ответственными компетентными органами. Во всяком случае любое вносимое изменение не должно вести к принятию более жестких ограничивающих критериев.

5.2. Подробные выводы

5.2.1. Эвакуация и блокирование щитовидной железы

Установленные компетентными органами дозовые уровни вмешательства для эвакуации соответствовали положениям международных руководств, действовавших во время аварии.

Принятый компетентными органами общий подход в отношении введения стабильного йода соответствовал положениям международных руководств, действовавших во время аварии. Однако количественные значения уровней вмешательства не полностью согласовывались с теми, которые рекомендованы на международном уровне.

Ресурсы, которые требовались для оценки практической реализации этих двух защитных мер, намного превысили ресурсы, имевшиеся в рамках Проекта. Следовательно, был проведен лишь поверхностный анализ этих аспектов, на основании которого невозможно сделать дальнейшие выводы.

5.2.2. Дезактивация поверхностей

В течение нескольких месяцев после чернобыльской аварии предпринимались усилия по снижению уровня внешнего излучения от радиоактивных веществ, выброс которых произошел во время аварии и которые выпали на поверхности. Широкий спектр принятых мер включал снятие почвенного слоя на глубину 10–15 см, асфальтирование и покрытие почвы гравием, щебнем, песком или чистой почвой, ежедневную механизированную мойку, мойку поверхностей, снос строений и захоронение отходов. Сообщается, что эти меры оказались довольно эффективными, однако группы в рамках Проекта конкретно не изучали эти сообщения.

5.2.3. Ограничения в отношении пищевых продуктов

Критерии

Основания, на которых компетентными органами вводились уровни вмешательства для ограничений в отношении пищевых продуктов, в целом соответствовали положениям международных руководств, действовавших во время аварии. Однако в международных руководствах имелась значительная неопределенность. Кроме того, при принятии компетентными органами производных уровней концентрации радионуклидов для различных пищевых продуктов в качестве основы учитывались наиболее облученные

лица, т. е. критическая группа, а не усредненные лица из подвергшейся воздействию облучения группы.

С учетом различий в формулировании соответствующих критериев уровни вмешательства, установленные компетентными органами, находятся на нижней границе диапазона рекомендованных на международном уровне значений. С учетом масштабов аварии и необходимых ограничений, а также недостатков в сфере снабжения и распределения пищевых продуктов в соответствующих районах, были бы обоснованными более высокие значения уровней вмешательства.

Воздействие

Дозы, фактически полученные вследствие перорального поступления загрязненных пищевых продуктов, оказались значительно ниже предписанных дозовых уровней вмешательства — как правило, в 2–4 раза, и как следствие этого, возможно, не было необходимости ограничения в отношении пищевых продуктов.

Социальные последствия запретов в отношении потребления пищевых продуктов, включая связанные с этим затраты, во многих случаях были несоизмеримы с дозами, которых удалось избежать.

Смягчение критериев в отношении пищевых продуктов следует рассматривать в качестве предпочтительной альтернативы отселению, если учитывать все связанные со здравоохранением, а также социальные и экономические факторы. Дальнейшее применение ограничений в отношении потребления производимых на месте пищевых продуктов в соответствующих загрязненных районах означает серьезное снижение качества жизни некоторых людей, которого можно избежать лишь отселением их в районы, где они могут возобновить прежний образ жизни. Сравнительно низкие уровни вмешательства, принятые для ограничений в отношении пищевых продуктов, возможно, обострили эти проблемы.

Компетентными органами были предприняты активные и в основном успешные усилия по ограничению последствий чернобыльской аварии для сельского хозяйства. Значительные усилия были предприняты также с целью снижения радиационных рисков для населения в целом и для работников сельского хозяйства и их семей в частности. Отрицательные социальные последствия контрмер в сельском хозяйстве могли быть дополнительно уменьшены путем применения соединений, связывающих цезий.

5.2.4. Отселение

Критерии

Основы, на которых базировались принятые компетентными органами критерии отселения, не полностью соответствуют принципам, рекомендованным в настоящее время на международном уровне; однако это необязательно означает, что принятые количественные критерии являются неподходящими.

При определении критериев отселения у заинтересованных сторон (включая центральные и местные органы) имелись расхождения в понимании концепций и возникали терминологические трудности, которые привели к появлению многих нынешних проблем.

Использование неточной терминологии и расхождение в понимании и/или неправильное толкование некоторых основных концепций и принципов радиационной защиты как научными, так и другими кругами явились источником значительной ненужной путаницы и несогласованности в СССР. Все это в сочетании с существенными задержками в разработке политики и в ее эффективном распространении стало основной причиной неспособности достигнуть широкого консенсуса в отношении политики отселения.

Кроме того, это привело к утрате доверия со стороны пострадавшего населения к мерам, принимаемым в его интересах.

Одним из более существенных проявлений расхождений в понимании или неправильного толкования концепций было непризнание и путаница в отношении весьма разных источников и целей дозовых пределов, рекомендованных на международном уровне для контроля планируемого увеличения доз и дозовых уровней, при которых осуществляется вмешательство с целью снижения имеющихся доз. Дозовые пределы сами по себе не являются соответствующими уровнями, при которых должно осуществляться вмешательство после аварии. Правильным параметром для вынесения суждения о пользе отселения с радиологической точки зрения является доза, предотвращенная в результате отселения, и по возможности этот параметр следует использовать в качестве основы для выражения количественных критериев.

Не представляется очевидным, что соображения, связанные с предотвращенной дозой, лежали в основе всех критериев, которые были предложены компетентными органами. Критерии также могут быть сформулированы в других более полезных производных величинах, являющихся заменителями предотвращенной дозы

(например, уровень загрязнения, годовая доза, ожидаемая доза в течение жизни или мощность дозы). Некоторые из этих величин использовались в СССР, причем каждая из них имеет свои достоинства и недостатки. В частности, поверхностное загрязнение в целом не применимо для оценок доз, поскольку существует сильная зависимость оценок доз от местных почвенных условий, традиционного рациона питания и образа жизни.

Социальное воздействие

Представляется очевидным, что при выработке политики отселения компетентными органами не были надлежащим образом учтены многочисленные отрицательные аспекты отселения. Исследования, проведенные в других районах, показывают, что массовое отселение людей ведет к сокращению средней продолжительности предстоящей жизни (в результате усиления стресса и изменения образа жизни) и снижению качества жизни на новом месте жительства.

При применении критерия ожидаемой дозы в течение жизни для отселения неправомерно учитывать дозы, полученные в прошлом. Вмешательство может снизить риск вредных для здоровья последствий пропорционально предотвращенной дозе, но оно не может повлиять на дозы, уже полученные до вмешательства. Для дозовых диапазонов, лежащих ниже порога детерминистских последствий, учет полученных в прошлом доз концептуально не обоснован и противоречит принципам вмешательства. Однако существуют обстоятельства, при которых суммарные полученные дозы, т. е. прошлые и прогнозируемые, могут быть соответствующей величиной, например, для решения вопроса о необходимости и объеме любого последующего долгосрочного медицинского обслуживания лиц, подвергшихся облучению в результате аварии.

Принятый осторожный (т. е., характеризуемый завышением) подход к оценкам доз, полученных жителями соответствующих загрязненных районов, который обосновывался тем, что это делается в их лучших интересах, в принципе был неправомерным и противоречащим основным целям вмешательства. Он имел два важных отрицательных последствия: во-первых, преувеличивались радиологические последствия продолжения проживания в загрязненных районах, и это приводило к дополнительному и ненужному страху и чувству тревоги у населения; во-вторых, что более важно, некоторые люди будут отселены без надобности.

Средние уровни индивидуальной дозы в течение жизни, которая может быть потенциально предотвращена в результате отселения, если исходить из критерия либо 35 бэр (350 мЗв), либо 40 Ки/км^2 (1480 кБк/м^2), аналогичны или ниже доз от среднего естественного радиационного фона.

Не ясно, имеется ли у населения соответствующих загрязненных районов или у многих из тех, кто выступает за более строгий режим, четкое представление об умеренном характере доз, которые могут быть предотвращены путем отселения, и о связанных с ними предполагаемых рисках. Дополнительный риск, воздействию которого может подвергнуться человек, остающийся в загрязненном районе, был бы крайне незначительным в сравнении с рисками, существующими в повседневной жизни, и сам по себе не оправдывал бы введение такой радикальной меры, как отселение.

Переоценка политики

Если исходить строго из соображений радиационной защиты, вряд ли можно найти какое-либо обоснование принятию более ограничительных критериев отселения, чем те, которые в настоящее время приняты во Всесоюзной программе (т. е. 40 Ки/км^2 или 1480 кБк/м^2). И действительно, можно было бы привести разумные аргументы в пользу смягчения политики, т. е. повышения уровней вмешательства.

Намечено отселить значительно больше людей, чем число проживающих в населенных пунктах с уровнем загрязнения, превышающим 40 Ки/км^2 (1480 кБк/м^2); дозы, которые удастся предотвратить путем отселения этих людей, окажутся значительно меньшими, чем уже указанные умеренные значения. Из этого следует, что на практике принимаются более ограничительные критерии.

Важное и, возможно, решающее влияние на политику отселения оказали многие факторы, не связанные прямо с радиационной защитой. Особо важной считалась необходимость восстановить доверие общественности, которое было серьезно подорвано по ряду причин в течение последних пяти лет, снизить обеспокоенность населения и добиться широкого признания проводимой политики. В текущей переоценке политики отселения, проводимой компетентными органами, этим факторам придается значительно больший вес, чем факторам, прямо связанным с радиационной защитой. Однако вопрос об относительном значении, которое следует придавать

различным факторам, решают соответствующие компетентные органы.

Меры, принятые в прошлом, неизбежно будут ограничивать изменения политики отселения в будущем. Несмотря на преимущества и техническую обоснованность изменения политики, трудно будет добиться признания необходимости больших изменений, особенно в том, что связано со смягчением ранее принятого критерия. Однако смягчение нынешней политики отселения (т. е. принятие более высокого уровня вмешательства) почти наверняка привело бы к противоположным результатам ввиду весьма трудных социальных условий в соответствующих загрязненных районах. Соображениями радиационной защиты невозможно обосновать принятие более ограничительной политики. Следует всячески сопротивляться этому, если отсутствуют решающие соображения социального характера.

5.3. Рекомендации

5.3.1. Защитные меры

В будущем следует создать полную и согласованную базу данных, содержащую всю необходимую информацию по реализации и эффективности принятых защитных мер в рамках стройной системы.

Следует провести полную и подробную оценку принятых (или планируемых к осуществлению) защитных мер с целью обоснования выводов исследования в рамках Проекта. Эта оценка должна охватывать все аспекты, связанные с радиационной защитой, т. е. дозы, затраты и эффективность защитных мер.

Следует изучить вопрос о мерах в области сельского хозяйства, которые могут оказать наименее отрицательное воздействие на традиционную практику ведения сельскохозяйственной деятельности.

5.3.2. Общественная информация

Следует дополнительно выявить и проанализировать факторы, которые могут повлиять на приемлемость для местного населения дальнейшего проживания в населенных пунктах, расположенных в соответствующих загрязненных районах.

Общественности следует предоставить более реалистичную и всестороннюю информацию об уровнях доз и последующего риска, которым люди могут подвергнуться, если останутся жить в соответствующих загрязненных районах. Эти риски следует сопоставить с рисками, которым человек подвергается в повседневной жизни, а также с рисками от других экологических загрязнителей, например, радона и промышленных выбросов.

5.3.3. Выделение ресурсов

Следует сопоставить ресурсы, выделенные на цели смягчения последствий аварии, и эффективность их использования с ресурсами, выделяемыми на другие программы в области улучшения системы здравоохранения.

Следует провести оценку затрат и эффективности отселения для ряда отдельных населенных пунктов, выбранных так, чтобы охватить весь диапазон различных характеристик с целью подтверждения обоснованности выводов, сделанных в отношении усредненных населенных пунктов.

Приложение I
Данные об уровнях загрязнения цезием-137 и стронцием-90

Содержание

Данные об уровнях загрязнения цезием-137 и стронцием-90 в БССР 615

Данные об уровнях загрязнения цезием-137 и стронцием-90 в РСФСР 657

Данные об уровня загрязнения цезием-137 и стронцием-90 в УССР 671

Примечание

Нижеследующие таблицы содержат данные об уровнях загрязнения цезием-137 и стронцием-90 в населенных районах БССР, РСФСР и УССР по состоянию на июнь-июль 1989 года. При подготовке этих таблиц использовались данные, переданные Государственными комитетами по гидрометеорологии БССР, УССР и СССР, Министерствами здравоохранения БССР и СССР, Академиями наук БССР, УССР и СССР, Госагропромами БССР, РСФСР и УССР и рядом других организаций.

Государственный комитет СССР по гидрометеорологии является головной организацией в этой области. Поэтому приводятся значения по всем данным, полученным от него; эти данные использовались для составления карт загрязнения районов, утвержденных независимой комиссией при Госкомгидромете СССР.

Приводимые усредненные данные в целом основаны на большом количестве отобранных проб (номера проб указываются).

В таблицах приводятся все населенные районы, в которых уровни загрязнения цезием-137 составляют 5 Ки/км^2 (185 кБк/м^2) и выше, а также районы, в которых уровни загрязнения стронцием-90 составляют 1 Ки/км^2 (37 кБк/м^2) и выше. Приводятся также списки населенных пунктов, в которых уровни загрязнения ниже средних значений. Измерения уровней ниже средних значений все еще продолжались, когда эти данные были впервые опубликованы, и поэтому некоторые населенные пункты не были сюда включены.

ДАННЫЕ О ЗАГРЯЗНЕНИИ ТЕРРИТОРИИ БССР ЦЕЗИЕМ-137 (Ки/км^2)
(Caesium-137)

БРЕСТКАЯ ОБЛАСТЬ (BREST)

№	Район (Region)	Сельсовет (Village)	Нас. пункт (Location)	Проб. (Sample)	Средн. (Average)
1	Барановичский		Барановичи	10	0,0
2			Городище	10	0,0
3			Крошин	10	0,0
4			Малаховцы	10	0,0
5			Миловиды	10	0,3
6			Петковичи	10	0,0
7			Столовичи	10	0,1
8	Березовский		Береза	10	0,2
9			Пересудовичи	10	1,0
10			Малеч	10	0,0
11	Брестский		Брест	10	0,1
12			Медно	10	0,0
13			Мухавец	10	0,0
14			Черни	10	0,0
15			Лыщицы	10	0,0
16			Домачево	10	0,3
17			Кошелево	10	0,0
18	Ганцевичский		Ганцевичи	10	0,1
19			Радзяловичи	10	0,1
20			Мальковичи	10	0,1
21	Дрогичинский	Антопольский	Антополь	10	0,3
22		Брашевичский	Брашевичи	10	1,0
23		Гутовский	Гутово	10	0,0
24		Головчицкий	Головчицы	10	0,3
25		Дрогичинский	Липники	10	0,0
26		Детковичский	Детковичи	10	0,2
27			Залесье	10	1,0
28		Закозельский	Закозель	10	0,0
29			Малиновка	10	0,2
30		Именинский	Именин	10	0,2
31		Осовецкий	Осовцы	10	0,0
32		Попинский	Попина	10	0,5
33			Заречка	10	0,0
34		Радостовский	Радостово	10	2,0
35			Сваринь	10	1,0
36		Хомский	Хомск	10	0,0
37			г. Дрогичин	10	0,5
38	Жабинковский		Жабинка	10	0,3
39			Бульково	10	0,0
40			Озяты	10	0,4
41			Хмелево	10	0,0
42			Редьковичи	10	0,0
43	Ивановский	Бродницкий	Бродница	10	0,1
44			Потаповичи	10	0,2
45		Горбахский	Горбаха	10	0,0
46			Глинно	10	0,3
47		Достоевский	Достоево	10	0,4
48		Дружиловичский	Дружиловичи	10	0,2
49		Крытышинский	Крытышин	10	0,2
50		Лясковичский	Лясковичи	10	0,0
51		Мохровский	Мохро	10	1,0
52		Мотольский	Мотоль	10	0,1
53		Одрижинский	Одрижин	10	0,1
54		Опольский	Ополь	10	0,0
55		Псыщевский	Псыщево	10	0,2
56		Рудский	Сухое	10	0,2
57			Рудск	10	1,0
58		Снитовский	Снитово	10	0,1
59		Стрельненский	Стрельно	10	0,0
60			Иваново	10	0,5
61	Иванцевичский		Иванцевичи	10	0,3
62			Телеханы	10	0,3
63			Яглевичи	10	0,2
64			Житлин	10	0,0
65			Колонск	10	1,0
66			Святая Воля	10	1,0
67			Коссово	10	0,0
68			Бытень	10	0,2
69	Каменецкий		Волчин	10	0,0
70			Каменюки	10	0,0
71			Каленковичи	10	0,0
72			Каменец	10	0,0
73	Кобринский		Городец	10	0,1
74			Залесье	10	0,0
75			Хидры	10	0,0
76			Новоселки	10	0,2
77			Повитье	10	0,0
78			Еремичи	10	0,0
79			Леликово	10	0,1
80			Кобрин	10	0,0

№	Район (Region)	Сельсовет (Village)	Нас. пункт (Location)	Проб. (Sample)	Средн. (Average)
81	Ляховичский		Ляховичи	10	0,0
82	Лунинецкий	Богдановский	Богдановка	10	0,5
83		Бостынский	Бостынь	10	0,3
84			Велута	10	0,2
85			Новоселки	10	0,2
86		Вульковский	Бродница	10	3,0
87			Вулька 2	10	7,0
88			Добрая Воля	10	5,0
89			Застенок	10	5,0
90			Красная Воля	10	6,0
91			Галый Бор	10	6,0
92			Межлесье	10	2,0
93		Городокский	Кожан Городок	10	2,0
94			Дребск	10	2,0
95			Цна	10	1,0
96		Дворецкий	Язвинки	10	4,0
97			Яжевки	10	3,0
98			Любожердье	10	2,0
99			Сосновка	10	6,0
100			Ракитно	10	2,0
101			Вичин	10	2,0
102			Дворец	10	2,0
103			Любачин	10	1,0
104			Озерница	10	2,0
105		Дятловичский	ст. Дятловичи	10	0,5
106			Дятловичи	10	2,0
107			Боровцы	10	4,0
108			Куповцы	10	2,0
109		Лахвенский	Лахва	10	3,0
110			Барсуково	10	9,0
111			Обруб	10	1,0
112			Любань	10	2,0
113			Лаковка	10	3,0
114			Периново	10	2,0
115		Лунинский	Дубовка	10	0,3
116			Лунин	10	3,0
117			Поллеский	10	2,0
118			Вулька 1	10	3,0
119			Мелесница	10	4,0
120		Микашевичский	Моршиновичи	10	1,0
121			Запросье	10	1,0
122			Ситница	10	1,0
123			Микашевичи	10	2,0
124		Редигировский	Флерово	10	4,0
125			Редигирово	10	2,0
126			Черебасово	10	2,0
127			Моносеево	10	1,0
128		Синкевичский	Лутовень	10	1,0
129			Синкевичи	10	2,0
130			Острово	10	2,0
131			Мокрово	10	1,0
132			Ситницкий Двор	10	2,0
133		Чучевичский	Б. Чучевичи	10	0,1
134			М. Чучевичи	10	0,2
135			Боровики	10	0,2
136			Луги	10	1,0
137			г. Лунинец	10	2,0
138			Кормуж	10	0,3
139	Малоритский		Олтуш	10	0,1
140			Черняны	10	0,0
141			Малорита	10	0,0
142	Пинский	Березцовский	Березцы	10	1,0
143		Березовичский	Березовичи	10	0,5
144		Бобриковский	Бобрик	10	1,0
145		Боричевский	Боричевичи	10	0,4
146			Гривковичи	10	0,4
147			Тырвовичи	10	0,2
148		Валищенский	Валище	10	1,0
149		Городищенский	Вулька	10	1,0
150			Сушицк	10	0,5
151			Городище	10	1,0
152		Дубойский	Кончицы	10	0,2
153			Дубое	10	1,0
154			Перекресье	10	5,0
155			Сосновичи	10	2,0
156		Ласицкий	Ласицк	10	0,2
157			Ладорож	10	7,0
158			Жолкино	10	0,4
159			Вешня	10	0,1
160			Трушево	10	0,4
161			Остров	10	0,3
162		Каллауровичский	Каллауровичи	10	2,0
163			Кудричи	10	1,0
164		Ласицкий	Паре	10	4,0
165		Лемешевичский	Гнеребень	10	0,5
166			Лемешевичи	10	1,0
167		Лыщенский	Лыще	10	0,5
168		Логишинский	Логишин	10	1,0
169		Лопатинский	Лопатин	10	0,2
170			Колбы	10	0,3

№	Район (Region)	Сельсовет (Village)	Нас. пункт (Location)	Проб. (Sample)	Средн. (Average)
171		Мерчицкий	Мерчицы	10	1,0
172		Молотковичский	Молотковичи	10	0,2
173			Домашицы	10	1,0
174			Жабницы	10	0,3
175		Н. Дворский	Новый Двор	10	0,0
176		Оснежицкий	Оснежицы	10	0,3
177			Вишевичи	10	0,0
178			Галево	10	0,3
179			Тосеничи	10	0,4
180		Оховский	Кошевичи	10	0,2
181			Охово	10	1,0
182		Парохонский	Дубновичи	10	0,2
183			Селищи	10	0,5
184			Сошно	10	1,0
185			Парохонск	10	3,0
186			Ст. Парохонск	10	1,0
187			Вылазы	10	2,0
188			Молодельчицы	10	0,3
189		П. Загородский	П. Загородск	10	1,0
190		Поречский	Поречье	10	1,0
191		Плещицкий	Плещицы	10	0,5
192			Завидчицы	10	1,0
193			М. Дворцы	10	0,4
194			Б. Дворцы	10	0,5
195			Статычево	10	0,1
196		Ставокский	Ставок	10	1,0
197		Хойновский	М. Вулька	10	1,0
198			Хойно	10	2,0
199			Стайки	10	1,0
200			Жидче	10	2,0
201			Невель	10	4,0
202			г. Пинск	10	0,5
203	Столинский	Видиборский	Дубой	10	0,2
204			Осовцы	10	0,4
205		Ремельский	Оздамичи	10	0,3
206			Ремель	10	0,4
207			Теребличи	10	0,3
208		Большемалешевский	Ольгомель	10	0,4
209			Б. Малешево	10	1,0
210			Коротичи	10	1,0
211			Лутки	10	1,0
212			Толкачево	10	1,0
213		Белоушский	Рыбники	10	3,0
214			Белоуша	10	7,0
215		Бережновский	Бережное	10	2,0
216			Бор-Дубенец	10	1,0
217			Дубенец	10	2,0
218		Велемичский	Старина	10	1,0
219		Видиборский	Видибор	10	1,0
220		Глинковский	Глинка	10	2,0
221			Лука	10	1,0
222			Первомайск	10	2,0
223		Городнянский	Городная	10	3,0
224			Деревная	10	1,0
225			Колония	10	5,0
226			Лучица	10	1,0
227		Лядецкий	Б. Орлы	10	1,0
228			Городец	10	1,0
229			Лядец	10	1,0
230			М. Орлы	10	1,0
231		Ольшанский	Высокое	10	1,0
232			Ольшаны	10	1,0
233			Семигостичи	10	1,0
234		Плотницкий	Плотница	10	0,4
235			Стаково	10	0,5
236		Радчицкий	Колодное	10	0,3
237			Радчицк	10	1,0
238			Овсемирово	10	1,0
239		Речицкий п.с.	Бухличи	10	4,0
240			Ворони	10	2,0
241			В. Пиребежов	10	4,0
242			Н. Пиребежов	10	4,0
243			Копани	10	1,0
244			Лютый Бор	10	1,0
245			Пос. Лесной	10	3,0
246			Речица	10	4,0
247		Рубельский	Рубель	10	2,0
248			Хотомель	10	1,0
249		Стружский	Б. Викоровичи	10	1,0
250			М. Викоровичи	10	1,0
251			Ольманы	10	7,0
252			Кошара	10	5,0
253			Струга	10	1,0
254		Столинский г.с.	Маньковичи	10	1,0
255			Отвержичи	10	5,0
256			Крушин	10	2,0
257		Рухчанский	Рухча 1	10	0,0
258		Федоровский	Нечатово	10	2,0
259			Федоры	10	1,0

№	Район (Region)	Сельсовет (Village)	Нас. пункт (Location)	Проб. (Sample)	Средн. (Average)
260		Хоромский	Хорск	10	0,4
261			Лисовичи	10	1,0
262			Туры	10	1,0
263			Уголек	10	1,0
264			Хоромск	10	1,0
265			Давид Городок	10	1,0
266			г. Столин	10	2,0
267	Пружанский		Калядичи	10	0,4
268			Щерчево	10	0,5
269			Ровбицк	10	0,0
270			Пружаны	10	0,3
271			Хорева	10	0,1

ДАННЫЕ О ЗАГРЯЗНЕНИИ ТЕРРИТОРИИ БССР ЦЕЗИЕМ-137 (Ки/км^2)

(Caesium-137)

ГОМЕЛЬСКАЯ ОБЛАСТЬ (GOMEL)

№	Район (Region)	Сельсовет (Village)	Нас. пункт (Location)	Проб. (Sample)	Средн. (Average)
1	Обл. подчинения		Гомель	49	2,0
2			Добруш	36	5,0
3			Жлобин	11	3,0
4			Калинковичи	16	1,0
5			Мозырь	15	2,0
6			Речица	14	1,4
7			Рогачев	19	1,2
8	Рогачевский	Районного подчин.	Белицк	15	5,0
9		Болотнянский	Болотня	10	6,0
10			Гутище	10	14,0
11			Зеленая Роща	10	5,0
12			Загребье	10	8,0
13			Хвойник	10	5,0
14			Кристополье	10	6,0
15			Лесное	10	5,0
16			Ленинский	10	7,0
17			Осиновка	10	5,0
18			Победа	10	6,0
19			Ст. Алешня	10	7,0
20		Гадиловичский	Гадиловичи	15	3,0
21		Городецкий	Городец	15	5,0
22		Довский	Довск	19	7,2
23			Ковалевка	11	7,0
24			Клетище	15	9,0
25			Малиновка	15	5,0
26			Хмелец	15	6,0
27			Юдичи	15	7,4
28			Ямнов	15	6,0
29			Старый Довск	10	9,0
30			Сычман	12	10,0
31		Журавичский	Волосовичи	15	8,0
32			Гута	15	5,0
33			Драгунск	15	5,0
34			Журавичи	15	6,0
35			Красногорка	10	7,0
36			Канава	15	5,0
37			Новые Журавичи	15	5,0
38			Прилеповка	10	5,0
39			Пахарь	15	5,0
40		Звонецкий	Борхов	15	6,0
41			Гумнище	15	5,0
42			Дружба	15	5,0
43			Звонец	15	6,4
44			Ильич	15	5,0
45			Шапчицы	15	7,0
46		Курганский	Каменка Рисковская	13	5,0
47			Курганье	15	6,0
48			Малашковичи	15	5,0
49			Рисков	15	7,0
50			Старый Кривск	15	5,0

№	Район (Region)	Сельсовет (Village)	Нас. пункт (Location)	Проб. (Sample)	Средн. (Average)
51			Перекоп	10	6,0
52			Осмоловичи	10	6,0
53			Новый Кривск	15	5,0
54		Столпненский	Столпня	10	9,0
55		Старосельский	Лавы	13	0,9
56	Кормянский	Районного подчин.	Корма	20	18,0
57		Барсуковский	Белев	15	6,0
58			Барсуки	10	5,0
59			Реут	15	5,0
60			Тараховка	14	7,0
61			Барсуки	15	7,0
62			Сырская Буда	10	7,0
63			Новоселки	10	6,0
64		Волынецкий	Волынцы	15	9,0
65			Жауница	21	18,0
66			Кляпин	15	9,0
67			Кляпинская Буда	15	11,0
68			Колюды	15	13,0
69			Ясень	25	19,0
70			Корсунь	10	5,0
71		Ворновский	Ворновка	15	7,0
72			Енцы	15	8,0
73			Острая Корма	15	5,0
74			Рудня	15	11,0
75			Добрич	10	16,0
76			Ивановка	10	10,0
77			Высокая	10	17,0
78			Кавказ	10	15,0
79			Халаповка	10	10,0
80		Золотоминский	Боровая Глинка	15	9,0
81			Золотомино	25	43,0
82			Казимирово	25	7,0
83			Костюковка	25	60,0
84			Лобыревка	25	34,0
85			Никольский	25	8,0
86			Салабута	25	34,0
87			Студенец	25	15,0
88			Хлевно	23	44,0
89			Луначарский	10	6,0
90			Почтовая Глинка	10	6,0
91		Каменский	Березовка	14	6,0
92			Покровский	16	5,0
93			Яновка	15	5,0
94			Лебедевка	10	9,0
95			Каменка	10	8,0
96			Кучин	10	6,0
97			Бор	10	9,0
98		Коротьковский	Бервены	25	26,0
99			Богдановичи	15	10,0
100			Коротьки	15	10,0
101			Остров	15	9,0
102			Сапожки	30	21,0
103			Выношевка	15	9,0
104			Кураковщина	25	10,0
105			Новая Зеньковина	31	21,0
106			Семеновка	13	9,0
107			Старая Зеньковина	31	16,0
108			Сырск	26	7,0
109			Городок	20	36,0
110		Литвиновичский	Вознесенск	15	6,0
111			Вощанки	14	5,0
112			Дубровино	15	12,0
113			Дубролеж	15	5,0
114			Зятковичи	15	10,0
115			Коселяцкий	22	8,0
116			Литвиновичи	25	8,0
117			Рудня	22	17,0
118			Ступень 1	25	10,0
119		Лужковский	Александровка	15	6,0
120			Жабин	15	7,0
121			Новые Рассохи	15	8,0
122			Скартынь	15	3,0
123			Лужок	10	10,0
124			Чамышель	10	9,0
125		Октябревский	Заболоцкое	27	15,0
126			Косель	25	19,0
127			Косельский Прудок	25	18,0
128			Курганье	25	23,0
129			Октябрево	25	10,0
130		Староградский	Берестовец	15	8,0
131			Лубянка	15	5,0
132			Пасека-Слободка	15	7,0
133			Петравичи	15	6,0
134			Староград	15	5,0
135			Задубье	15	8,0
136			Хизов	10	7,0
137		Струкачевский	Буда Боровая	15	7,0
138			Буда Лесовая	15	9,0
139			Городок	15	19,0
140			Дубовица	14	8,0

№	Район (Region)	Сельсовет (Village)	Нас. пункт (Location)	Проб. (Sample)	Средн. (Average)
141			Колосово	15	10,0
142			Михалевка	15	9,0
143			Норковщина	15	7,0
144			Шереховская Буда	15	9,0
145			Жданово	15	6,0
146			Шаломея	10	6,0
147			Правда	10	12,0
148			Моторовка	10	9,0
149		Струменский	Васильевка	19	17,0
150			Курганица	30	12,0
151			Лозовица	26	24,0
152			Малашки	21	9,0
153			Маленик	19	10,0
154			Осов	19	8,0
155			Струмень	27	42,0
156			Труд	21	10,0
157	Чечерский	Районного подчин.	Чечерск	26	16,0
158		Горсовет	Красный Берег	12	6,0
159		Беляевский	Беляевка	27	5,0
160			Загорье	20	11,0
161			Закриничный	23	12,0
162			Пехтерово	19	5,0
163			Слободка	25	33,0
164			Томино	18	5,0
165			Салтановка	10	15,0
166			Бобровский	25	15,0
167			Каменка	10	5,0
168			Подыгрушка	10	10,0
169		Залесский	Городовка	16	9,0
170			Добрынь	14	11,0
171			Дубок	15	6,0
172			Кукличи	18	7,0
173			Подосовье	11	23,0
174			Покоть	14	7,0
175			Залесье	10	13,0
176		Крутоевский	Алексеевка	23	26,0
177			Белица	24	20,0
178			Рассвет	25	15,8
179			Братство	19	34,0
180			Вольск	25	32,0
181			Дубровка	25	49,0
182			Залавье	25	23,0
183			Заря	26	28,0
184			Крутое	28	22,0
185			Медвежье	25	18,0
186			Науховичи	25	30,0
187			Нивки	25	7,0
188			Новые Малыничи	15	7,0
189			Самсоновка	32	29,0
190			Слободка	26	22,0
191			Сойки	25	20,0
192			Средние Малыничи	15	6,0
193			Старые Малыничи	15	5,0
194			Поплавы-Лукомские	23	29,0
195			Шапрудовка	11	14,0
196		Ленинский	Бердыж	14	9,0
197			Вознесенский	15	9,0
198			Ивановка	25	16,0
199			Михайловский	18	7,0
200			Новозаречье	21	42,0
201			Озерище	15	7,0
202			Подлужье	25	25,0
203			Поплавы-Шепотовичские	31	72,0
204			Себровичи	23	45,0
205			Селянин	15	9,0
206			Чернявские Малыничи	25	13,0
207			Шепотовичи	21	73,0
208		Меркуловичский	Алес	14	5,0
209			Ботвиново	13	5,0
210			Бошица	14	6,0
211			Ветвица	15	6,0
212			Зеленая Поляна	15	7,0
213			Искра	14	5,0
214			Красница	14	5,0
215			Меркуловичи	14	6,0
216			Осиновка	15	7,0
217			Первомайский	14	6,0
218			Причалесня	15	5,0
219			Прогресс	15	6,0
220			Шерихово	14	5,0
221			Шиловичи	15	6,0
222			Широкая	14	5,0
223		Нисимковичский	Бабичи	13	6,0
224			Гаек	14	5,0
225			Ивановка	14	5,0
226			Ключевой	16	5,0
227			Никольск	15	6,0
228			Нисимковичи	14	6,0

№	Район (Region)	Сельсовет (Village)	Нас. пункт (Location)	Проб. (Sample)	Средн. (Average)
229			Рудня-Нисимковичская	14	6,0
230			Сычевка-Нисимковичская	20	8,0
231			Сычевка-Рудницкая	15	6,0
232			Ямицкое	14	5,0
233			Усошное	15	5,0
234			Гатское	10	7,0
235			Гудок	10	7,0
236			Маковье	10	5,0
237			Ново-Никольск	10	6,0
238			Ново-Залесье	10	7,0
239		Полесский	Барсуки	19	5,0
240			Болсуны	21	8,0
241			Заручье	18	7,0
242			Палом	25	35,0
243			Полесье	11	9,0
244			Коммунар	16	5,0
245			Безбожный	13	5,0
246			Калинино	10	10,0
247		Ровковичский	Гольч	15	7,0
248			Дружбичи	18	15,0
249			Заложье	15	5,0
250			Зеленый Мох	25	15,0
251			Кораблище	15	9,0
252			Кураки	19	5,0
253			Любимое	23	14,0
254			Макеевка	14	7,0
255			Максимовский	18	16,0
256			Мотневичи	15	8,0
257			Никольск	15	6,0
258			Подозерье	23	13,0
259			Раков Лог	20	8,0
260			Решище	21	5,0
261			Ржавец	15	5,0
262			Ровковичи	24	14,0
263			Васильевский	21	15,0
264			Мокрень	16	11,0
265		Сидоровский	Высокая Грива	19	8,0
266			Будище	25	15,0
267			Дзержинский	15	5,0
268			Осиновка	27	24,0
269			Рудня-Бартоломеевка	24	11,0
270			Сидоровичи	10	7,0
271			Волосовичи	10	7,0
272			Передовик	10	5,0
273			Гута-Осиновская	25	15,0
274		Холочский	Болтово	25	32,0
275			Восход	15	35,0
276			Дубовица	25	29,0
277			Дудичи	25	29,0
278			Канавы	25	27,0
279			Красный	29	32,0
280			Новохолочье	25	23,0
281			Новый Путь	15	26,0
282			Поскобовка	17	27,0
283			Пролетарский	25	24,0
284			Рудня Дудичская	26	32,0
285			Холочье	25	23,0
286			Ясная Поляна	17	28,0
287		Чечерский	Брилево	15	5,0
288			Восход	15	6,0
289			Городок	15	6,0
290			Единство	15	7,0
291			Ковалев Рог	25	9,0
292			Коробка	15	8,0
293			Красный Бор	15	6,0
294			Красный Дворец	14	6,0
295			Новая Яцковщина	15	6,0
296			Новозахарполье	23	7,0
297			Октябрь	15	5,0
298			Отор	25	10,0
299			Покровский	15	5,0
300			Саприки	25	5,0
301			Старая Яцковщина	14	6,0
302			Турищевичи	11	7,0
303			Юный	14	5,0
304			Глубочица	10	5,0
305			Ипполитовка	15	15,0
306	Октябрьский	Ломовичский	Ломовичи	13	0,4
307		Любанский	Любань	12	0,6
308		Протасовский	Протасы	14	0,3
309	Светлогорский	Районного подчин.	Сосновый Бор	10	2,0
310		Красновский	Васильевка	15	6,0
311			Дражня	10	4,0
312			Ковчицы 1	10	0,4
313			Королевская Слобода 1	15	7,0
314			Красновка	10	0,6
315			Малимоны	10	0,3

№	Район (Region)	Сельсовет (Village)	Нас. пункт (Location)	Проб. (Sample)	Средн. (Average)
316		Николаевский	Вяжны	10	0,4
317		Чирковичский	Жердь	10	0,4
318			Страковичи	10	1,0
320	Жлобинский	Кировский	Кирово	10	3,0
321			Питеровка	10	4,0
322			Селивоновка	10	4,0
323			Шапарня	10	2,0
324		Луковский	Луки	12	2,0
325		Радушский	Круги	10	0,6
326		Стрещинский	Стрешин	10	0,9
327	Буда-Кошелевский	Районного подчин.	Буда-Кошелево	12	3,0
328		Глазовский	Ивановка	15	1,0
329			Житонеж	15	1,0
330		Дуравичский	Болдуи	17	7,0
331			Броды	16	6,0
332			Бурлак	16	9,0
333			Дубовица	15	7,0
334			Дуравичи	20	7,0
335			Залуневье	18	6,0
336			Ленино	15	7,0
337			Мачулище	17	9,0
338		Заболотский	Борки	23	35,0
339			Веселый Курган	40	26,0
340			Веселый Пахарь	41	33,0
341			Заболотье	20	10,0
342			Застенный	25	29,0
343			Кучинск	25	16,0
344			Никольск	28	11,0
345			Новозаболотье	29	21,0
346			Хорошевка	25	24,0
347			Восход	29	16,0
348			Долгий	32	14,0
349		Ивольский	Букалов	15	1,0
350			Дунай	14	1,0
351			Ивольск	18	1,0
352			Красный Лужок	15	1,0
353			Осов	15	1,0
354			Синичино	14	2,0
355		Калининский	Калинино	19	5,0
356			Руденец	13	2,0
357			Уза	17	4,0
358		Коммунарский	Блюдница	20	3,0
359			Зимник	10	5,0
360			Особино	10	6,0

№	Район (Region)	Сельсовет (Village)	Нас. пункт (Location)	Проб. (Sample)	Средн. (Average)
361			Подсеменовка	10	7,0
362			Северный	10	5,0
363			Маковье	10	7,0
364			Коммунар	13	5,0
365		Кошелевский	Брилев	20	5,0
366			Великий Мох	16	3,0
367			Городище	15	8,0
368			Кошелев	25	5,0
369			Кулешовка	14	11,4
370			Любица	16	6,0
371			Озеро Пойма	10	5,0
372			Рудня-Кошелевская	10	5,0
373			Рудня-Викторинская	10	5,0
374			Староселье	15	6,0
375			Шарибовка	18	4,0
376			Селец	20	8,0
377		Кривский	Бацунь	10	2,0
378			Кривск	10	7,0
379		Липиничский	Струки	12	8,0
380			Борок	10	5,0
381			Буда	10	6,0
382			Бронница	10	6,0
383			Зеленый Дуб	10	5,0
384			Зеленая Роща	10	9,0
385			Люшев	10	8,0
386			Липиничи	10	8,0
387			Новый Путь	10	5,0
388			Первомайский	10	7,0
389			Солтановка	10	5,0
390			Якимовка	10	5,0
391		Морозовичский	Березина	12	2,0
392			Бушевка	10	0,4
393		Недойский	Боец	10	1,0
394			Еленец	10	0,3
395			Старая Буда	10	1,0
396		Николаевский	Выдрица	10	5,0
397			Головачи	10	6,0
398			Зорька	10	6,0
399			Прибор	10	6,0
400		Октябрьский	Боевой	28	48,0
401			Герой	35	16,0
402			Затишье	24	21,0
403			Красный Октябрь	20	6,0
404			Липа	25	40,0
405			Лугиничи	25	17,0

№	Район (Region)	Сельсовет (Village)	Нас. пункт (Location)	Проб. (Sample)	Средн. (Average)
406			Лукьяновка	20	33,0
407			Луч	15	5,0
408			Новая Липа	20	15,0
409			Октябрь	20	6,0
410			Пытьковка	28	8,0
411			Уютный	25	17,0
412			Череповка	15	6,0
413		Потаповский	Гавли	16	2,0
414			Галы	17	2,0
415			Дубровка	19	2,0
416			Забабье	16	1,0
417			Медведево	19	2,0
418			Муравей	20	1,0
419			Победа	10	2,0
420			Потаповка	21	4,0
421		Рогинский	Антоновка	20	6,0
422			Михалевка	15	6,8
423			Дербичи	15	7,0
424			Коромка	15	7,0
425			Курганье	19	5,0
426			Лозов	10	6,0
427			Моисеевка	19	6,0
428			Рогинь	20	6,0
429			Рудня	20	5,0
430			Слободка	22	7,0
431			Факел	15	3,0
432		Уваровичский	Высокая Грива	16	3,0
433			Лапичи	13	3,0
434			Радеево	26	2,0
435			Теклевка	16	2,0
436			Уваровичи	11	3,0
437		Чеботовичский	Заречье	15	0,7
438			Зеленая	15	0,8
439			Кленовица	15	1,0
440			Красный	15	0,7
441			Крылов	16	0,6
442			Смычек	14	0,5
443			Столпище	15	0,8
444			Чеботовичи	19	1,0
445		Широковский	Александровка	26	6,0
446			Андреевка	30	15,0
447			Березовая Роща	20	10,0
448			Ерополье	25	11,0
449			Колос	20	11,0
450			Колотин	24	15,0
451			Коминтерн	25	11,0
452			Красногорский	21	6,0
453			Михалевка	20	5,0
454			Новая Гута	25	16,0
455			Новый Свет	39	12,0
456			Присенщина	23	18,0
457			Соловьевка	23	17,0
458			Широкое	19	5,0
459			Череты	16	7,0
460			Чернятин	23	6,0
461			Черняцкая Поляна	25	8,0
462	Ветковский	Районного подчин.	Ветка	18	20,0
463		Акшинковский	Акшинка	30	22,0
464			Габровка	29	35,0
465			Залужье	27	21,0
466			Мальков 1 (нов)	17	18,0
467			Мальков 2 (стар)	29	19,0
468			Нестеровка	27	19,0
469			Подлоги	19	26,0
470			Подлужье	27	22,0
471			Решительный	25	8,0
472			Симоновка	17	19,0
473			Усохи	22	17,0
474			Скачек	16	15,0
475		Бартоломеевский	Бартоломеевка	25	40,0
476			Беседь	29	42,0
477			Воробьевка	24	46,0
478			Восток	16	22,0
479			Лески	23	43,0
480			Осово	29	46,0
481			Петуховка	38	47,0
482			Побужье	22	43,0
483		Великонемковский	Антоновка	15	8,0
484			Великие Немки	14	5,0
485			Даринполье	12	3,0
486			Казацкие Болсуны	13	5,0
487			Новое Залядье	12	5,0
488			Новомихайловка	14	10,0
489			Победа	13	5,0
490		Даниловичский	Борки	12	9,0
491			Выгорь	15	8,0
492			Даниловичи	13	6,0
493			Замостье	12	11,0
494			Зеленая Хвоя	12	6,0
495			Красный Пахарь	13	7,0

№	Район (Region)	Сельсовет (Village)	Нас. пункт (Location)	Проб. (Sample)	Средн. (Average)
496			Новины	10	8,0
497			Первомайский	10	8,0
498			Пролетарский	12	11,0
499			Пыхань	13	7,0
500			Середняцкий	10	5,0
501			Синий Остров	10	5,0
502			Шевцов	12	7,0
503			Хрущовка	14	10,0
504		Калининский	Купреевка	23	21,0
505			Рудня-Спонинская	23	10,0
506			Тарасовка	26	10,0
507			Тумарин	13	9,0
508			Чистые Лужи	13	5,0
509		Малонемковский	Затишье	10	4,0
510			Иванькин	10	5,0
511			Малые Немки	12	4,0
512			Память	10	2,0
513			Перелевка	13	9,0
514		Неглюбский	Гибки	33	37,0
515			Коновалово	26	8,0
516			Лядо	24	16,0
517			Неглюбка	24	10,0
518			Перевесье	25	11,0
519			Передовец	26	17,0
520			Репище	32	17,0
521			Свобода	24	16,0
522			Селище	23	17,0
523			Синицыно	27	16,0
524		Новиловский	Новиловка	24	26,0
525			Петрополье	26	30,0
526			Селицкое	26	32,0
527			Федоровка	22	12,0
528		Новогромыкский	Глыбовка	22	12,0
529			Куты	28	5,0
530			Новые Громыки	22	32,0
531			Подгорье	16	5,0
532			Потесы	25	29,0
533			Рудня-Столбунская	13	5,0
534			Шейка	19	20,0
535		Приснянский	Барченки	12	9,0
536			Однополье	10	14,0
537			Присно	12	6,0
538		Радужский	Контуровка	26	11,0
539			Новая Жизнь	12	6,0
540			Новый Мир	12	9,0
541			Радуга	22	12,0
542		Речковский	Заречье	28	33,0
543			Пролетарский	21	26,0
544			Речки	24	37,0
545			Рудня-Шлягина	28	33,0
546			Рыславль	26	50,0
547			Ухово	26	29,0
548			Рудня-Гулева	18	41,0
549			Камылин	20	31,0
550			Первомайский	15	35,0
551		Светиловичский	Глуховка	14	9,0
552			Железники	24	16,0
553			Малиновка	16	4,0
554			Некрасово	22	17,0
555			Непобедимый	20	7,0
556			Нинель	12	6,0
557			Светиловичи	27	20,0
558			Чемерня	16	5,0
559		Сивинский	Борьба	22	32,0
560			Ириновка	21	40,0
561			Косицкое	29	33,0
562			Красный Путь	23	35,0
563			Красный Угол	22	31,0
564			Попсуевка	20	36,0
565			Сивинка	26	32,0
566		Старозакружский	Амельное	25	25,0
567			Гута	21	43,0
568			Подкаменье	20	42,0
569			Старое Закружье	20	34,0
570		Столбунский	Городок	20	6,0
571			Калинин	31	16,0
572			Колбовка	24	6,0
573			Столбун	16	5,0
574			Уютный	28	5,0
575			Юрга	22	7,0
576		Хальченский	Борец	12	7,0
577			Золотой Рог	13	7,0
578			Каничев	13	5,0
579			Победа	12	6,0
580			Поляновка	23	10,0
581			Станки	10	4,0
582			Старое Село	18	6,0
583			Хальч	27	15,0
584		Хизовский	Быковец	10	45,0
585			Гарусты	10	21,0

№	Район (Region)	Сельсовет (Village)	Нас. пункт (Location)	Проб. (Sample)	Средн. (Average)
586			Новоивановка	18	33,0
587			Старые Громыки	20	23,0
588			Хизы	25	50,0
589			Гута	15	43,0
590		Шерстинский	Ляды	16	13,0
591			Новоселки	22	22,0
592			Романов Лес	18	11,0
593			Шерстин	21	18,0
594			Юрковичи	24	18,0
595			Ягодный	14	12,0
596			Ильич	15	8,0
597		Яновский	Будище-Столбунское	11	3,0
598			Желудье	22	3,0
599			Лазаревский	17	5,0
600			Расуха	22	7,0
601			Яново	17	6,0
602			Ветковское Лес-во	15	35,0
603			Закружское Лес-во	15	32,0
604	Житковичский	Районного подчин.	Житковичи	17	2,0
605		Бронеславский	Гряда	14	1,0
606		Люденевичский	Люденевичи	14	4,0
607		Мороховский	Семенча	13	0,3
608		Рудненский	Борки	15	0,6
609			Гребень	14	1,0
610	Петриковский	Районного подчин.	Петриков	14	1,0
611			Копаткевичи	12	0,5
612		Концевичский	Копцевичи	19	0,5
613		Мышанский	Мышанка	12	1,0
614		Птичский	Птичь	10	0,7
615	Калинковичский	Горбовичский	Горбовичи	14	1,0
616		Березовский	Березовка	15	10,0
617			Игнатовка-Фабияновка	13	3,0
618			Малые Водовичи	14	5,0
619			Обуховщина	15	7,0
620			Огородники	12	7,0
621			Слободка	14	5,0
622		Горочичский	Руденька	10	1,4
623			Сельцы	10	0,9
624		Наховский	Селище	10	2,0
625			Лозки	16	2,0
626		Михновичский	Клинск	25	1,2
627		Прудокский	Крышичи	15	3,0
628			Прудок	12	2,0
629		Малоавтюковский	Малые Автюки	10	2,0
630		Хобненский	Деревище	10	2,0
631		Юровичский	Юровичи	14	2,0
632	Речицкий	Белоболотский	Черное	14	1,0
633		Борщовский	Борщовка	14	1,0
634		Жмуровский	Ивановка	13	3,0
635			Жмуровка	14	0,8
636			Бронное	10	0,9
637		Капоровский	Капоровка	15	2,0
638			Лазаревка	14	2,0
639		Короватичский	Короватичи	20	2,0
640			Тишковка	15	1,0
641		Лисковский	Лиски	18	1,0
642		Новобарсуковский	Малодуша	15	2,0
643			Сергеевка	15	2,0
644		Ровенско-Слободский	Смогорин	14	2,0
645		Пересвятский	Коростань	14	1,0
646	Гомельский	Бобовичский	Бобовичи	14	0,4
647			Борец	11	0,4
648			Цыкуны	14	0,5
649		Большевик	Песчаная	10	5,0
650		Красненский	Пролетарий	14	3,0
651		Маримоновский	Рудня Жигальская	12	0,8
652		Приборский	Новая Буда	15	0,6
653		Севрюковский	Ченки	15	0,5
654		Старобелицкий	Островы	15	5,0
655		Шарпиловский	Михайловск	14	1,0
656		Терюховский	Студеная Гута	20	0,5
657			Новая Гута	15	0,5
658	Добрушский	Борщовский	Борщевка	11	0,5
659		Васильевский	Васильевка	21	0,8
660			Красные Олесы	19	0,3
661			Красный Рог	18	0,8
662			Орел	21	0,4
663		Горсовет	Добрушское Лес-во	14	9,8
664		Демьянковский	Большой Лес	29	24,0
665			Вылево	43	60,0
666			Демьянки	33	23,0
667			Дубовый Лог	30	20,0
668			Красное Знамя	34	36,0
669			Леонтьево	34	22,0
670			Млынок	34	38,0
671		Дубровский	Дмитриевский	10	0,2
672			Дубровка	21	0,1
673			Красная Буда	21	0,4

№	Район (Region)	Сельсовет (Village)	Нас. пункт (Location)	Проб. (Sample)	Средн. (Average)
674			Лукьяновка	10	0,1
675		Жгуно-Будский	Жгунь	21	0,7
676			Жгунская Буда	21	0,7
677		Иваковский	Вербов	21	0,3
678			Иваки	21	0,3
679			Надежда	10	0,1
680			Борок	18	0,2
681		Кормянский	Дубецкий	34	28,0
682			Зайцев	37	15,0
683			Закопытье	32	32,0
684			Колодье	26	9,0
685			Корма	21	8,0
686			Плоское	39	27,0
687			Селище 1	40	11,0
688			Селище 2	20	18,0
689		Круговец-Калининский	Веселовка	10	0,1
690			Круговец-Калинино	10	0,1
691			Усохи	21	0,1
692		Круговский	Березки	29	31,0
693			Красный Лог	29	49,0
694			Круговка	31	23,0
695			Морозовка	26	18,0
696			Очеса-Рудня	43	56,0
697			Пенное	33	72,0
698			Ясная Долина	29	23,0
699		Крупецкий	Высокое	10	0,6
700			Высокополье	10	5,0
701			Иговка	10	1,0
702			Майский	10	5,0
703			Мостище	10	0,4
704			Новый Крупец	10	0,3
705			Покровский	22	7,0
706			Старый Крупец	21	0,4
707			Ясенки	10	5,0
708		Кузьминичский	Галое	18	2,0
709			Знамя	10	1,0
710			Красный Камень	13	6,0
711			Красный Партизан	31	2,0
712			Кузьминичи	26	2,6
713			Слобода	19	5,0
714			Степанов	12	7,0
715		Ленинский	Завидовка	10	0,2
716			Лениндар	10	0,3
717			Ленино	10	0,2
718		Носовичский	Антоновка	10	0,5
719			Запрудовка	10	0,2
720			Ковалев	21	0,2
721			Красная Гора	21	0,1
722			Красный Октябрь	10	0,1
723			Логуны	10	0,3
724			Новодружский	21	3,0
725			Носовичи	12	0,2
726			Первомайский	10	2,0
727			Светлый	10	0,1
728			Семеновский	10	0,1
729			Староселье	21	0,1
730		Огородня-Гомельский	Огородня-Гомельская	37	5,0
731			Огородня-Кузьминичская	14	5,0
732			Уборок	34	17,0
733			Хорошевка	37	15,0
734		Переростовский	Березняки	21	1,0
735			Красный Курган	10	0,3
736			Лебедевка	10	0,2
737			Новая Жизнь	10	0,2
738			Новый Мир	21	0,2
739			Перерост	20	1,0
740			Перерост Хутор	10	1,0
741		Рассветовский	Василевка	22	5,0
742			Дударево	21	1,0
743			Залесье	32	7,0
744			Ларищево	22	1,0
745			Марьино	27	5,0
746			Рассвет	21	1,0
747			Шабринское Лес-во	20	7,1
748		Усохо-Будский	Андреевка	21	0,1
749			Николаевка	11	0,1
750			Ольховое	11	0,1
751			Усохская Буда	21	0,1
752		Утевский	Антоново	21	0,3
753			Гордуны	22	2,0
754			Зарадвинье	19	6,0
755			Иванполье	15	7,0
756			Степь	10	0,5
757			Уть	10	0,1
758		Тереховский	Высокий Хутор	10	0,3
759			Грушевка	10	1,0
760			Криничный	10	0,2

№	Район (Region)	Сельсовет (Village)	Нас. пункт (Location)	Проб. (Sample)	Средн. (Average)
761			Нивки	24	1,0
762			Прудовка	10	1,0
763			Тереховка	10	0,1
764	Лельчицкий	Районного подчин.	Лельчицы	25	2,5
765			Лельчицы (метеостанция)	10	2,5
766		Буйновичский	Буйновичч	24	2,0
767			Зарубаное	24	2,0
768			Синицкое Поле	24	2,0
769		Глушкевичский	Глушкевичи	13	2,0
770		Гребеневский	Гребени	30	7,0
771			Лохница	25	4,0
772			Усов	39	15,0
773			Жмурное	10	5,0
774			Запесочное	10	5,0
775			Вороново	15	15,0
776		Дубровский	Дуброва	24	2,0
777		Замошский	Замошенье	15	0,9
778			Ударная	15	2,0
779			Краснобережье	14	5,0
780		Милашевичский	Милашевичи	15	1,0
781			Приболовичи	15	0,9
782		Острожанский	Убортская Рудня	15	0,7
783		Стодоличский	Забродье	14	4,0
784		Тонежский	Тонеж	15	2,0
785			Иванова Слобода (пос)	15	0,7
786	Мозырский	Козенский	Козенки	13	1,0
787		Каменковский	Березовка	15	10,0
788		Криничанский	Лубня	13	2,0
789		Махновичский	Махновичи	12	1,4
790			Зеленый Мох	12	2,0
791		Михалковский	Митьки	15	2,0
792			Рудня	13	1,0
793		Прудковский	Меребель	21	1,0
794			Прудок	14	1,0
795	Ельский	Районного подчин.	Ельск	15	7,0
796		Богутичский	Богутичи	13	7,0
797			Забозье	15	9,0
798			Красный Остров	15	2,0
799		Валавский	Шия	10	9,0
800		Горсовет	Красный Пильщик	13	2,0
801		Зосинцевский	Гриши	15	4,0
802			Казимировка	13	1,0
803			Капсаны	18	2,0
804			Ковали	15	3,0
805			Козлы	12	1,0
806			Подгалье	14	2,0
807			Серые	11	2,0
808			Сугаки	11	2,0
809			Шатуны	15	2,0
810			Шуты	15	2,0
811		Кочищевский	Калиновое	15	9,0
812			Чертень	10	6,0
813			Некрашевка	15	6,0
814		Млынокский	Бобруйки	16	9,0
815			Даниловка	15	9,0
816			Добрынский	15	6,0
817			Добрынь	15	8,0
818			Млынок	25	7,0
819			Осовы	23	14,0
820			Половки	13	7,0
821			Половковский Млынок	10	14,0
822			Санюки	10	3,0
823		Роза-Люксембургский	Зеленый Бор	15	13,0
824			Новая Рудня	15	10,0
825			Роза Люксембург	15	12,0
826			Словечно	15	13,0
827		Скородненский	Баранцы	15	5,0
828			Беки	15	6,0
829			Демиды	15	5,0
830			Захарки 2	15	6,0
831			Кузьмичи	36	17,0
832			Погорелое	15	9,0
833			Потапы	15	11,0
834			Сизаны	15	3,0
835			Скородное	15	7,0
836			Старый Мост	15	6,0
837			Шишки	25	11,0
838		Старовысоковский	Чапаевка	15	8,0
839			Николаевка	15	3,0
840			Прачемышля	14	2,0
841	Наровлянский	Районного подчин.	Наровля	30	17,0
842		Вербовичский	Вербовичи	22	18,0
843			Дворище	29	18,0
844			Конотоп	24	25,0
845			Антонов	22	15,0
846			Грушевка	22	16,0

№	Район (Region)	Сельсовет (Village)	Нас. пункт (Location)	Проб. (Sample)	Средн. (Average)
847		Головчицкий	Буда	34	6,0
848			Будки	25	11,0
849			Гажин	24	9,0
850			Головчицы	24	16,0
851			Демидов	24	13,0
852			Красный Борец	20	13,0
853			Красный Луч	22	11,0
854			Красный Остров	27	15,0
855			Линов	20	7,0
856			Победа	15	9,0
857			Свеча	14	11,0
858			Чехи	24	16,0
859			Лубень	24	27,0
860			Мальцы	14	13,0
861		Горсовет	Гута	30	17,0
862			Заракитное	25	26,0
863			Ласка	27	13,0
864			Физинки	27	11,0
865		Завойтянский	Завойть	24	16,0
866			Калиничи	24	14,0
867			Романовка	24	22,0
868			Смолегов	25	23,0
869			Смолеговская Рудня	34	35,0
870		Кировский	Александровка	24	4,0
871			Братская	15	5,0
872			Габрилеевка	14	4,0
873			Кирово	19	31,0
874			Хильчиха	23	23,0
875			Хутор Сергеев	24	6,0
876			Дятлик	15	4,0
877		Красновский	Буда-Красновская	24	5,0
878			Дзержинск	22	16,0
879			Красновка	15	5,0
880			Москалевка	22	17,0
881			Ничипоровка	23	22,0
882			Хаменки	25	25,0
883	Хойникский	Районного подчин.	Хойники	20	6,0
884		Алексичский	Алексичи	18	8,0
885			Глинище	17	5,0
886			Гречихина	16	5,0
887			Дуброва	19	5,0
888			Застенок	19	7,0
889			Кореневка	15	4,0
890			Моклище	16	8,0
891			Нариманов	15	4,0
892			Поселок Ленина	11	9,0
893			Рабец	18	5,0
894			Слобожанка	11	5,0
895			Туневщина	22	6,0
896			Хвойное	17	3,0
897			Хорошеевка	12	5,8
898		Борисовщинский	Борисовщина	16	7,0
899			Вить	18	7,0
900		Великоборский	Бересневка	24	2,0
901			Великий Бор	25	3,0
902			Избынь	34	2,0
903			Осов	24	2,0
904			Партизанская	23	2,0
905			Руденка	24	4,0
906			Старч	26	3,0
907			Хвойная Поляна	23	2,0
908		Горсовет	Будовник	26	3,0
909			Езефов	21	9,0
910			Красная Нива	22	4,0
911			Малешев	31	5,7
912			Настолье	19	6,0
913			Пальмира	16	12,0
914		Дворищенский	Людвин	22	14,0
915			Новоселки	27	19,1
916			Пикулиха	16	10,0
917			Рудное	16	14,0
918			Смирнов	23	16,0
919			Судков	16	9,0
920			Храпков	17	7,0
921		Козелужский	Загалье	17	6,0
922			Загальская Слободка	18	3,0
923			Куровое	24	4,0
924			Небытов	17	3,0
925			Кливы	10	5,0
926			Козелужье	12	6,0
927			Поташня	16	5,0
928		Омельковщинский	Дубровица	27	8,0
929			Омельковщина	24	25,0
930			Рашев	25	14,0
931		Поселичский	Берестечко	15	16,0
932			Велитин	28	13,0
933			Горошков	14	3,0
934			Звинятское	26	13,0
935			Карпиловка	27	5,0
936			Королин	14	20,0

№	Район (Region)	Сельсовет (Village)	Нас. пункт (Location)	Проб. (Sample)	Средн. (Average)
937			Корчевое	16	3,0
938			Красная Заря	15	22,0
939			Красный Пахарь	14	4,0
940			Листвин	14	17,0
941			Мархлевск	15	21,0
942			Октябрь	15	4,0
943			Петраш	14	16,0
944			Поселичи	14	14,0
945			Пудаков	25	13,0
946			Сокол	16	15,0
947		Рудаковский	Высокое	32	13,0
948			Плоское	25	26,0
949			Рудаков	26	10,0
950			Рудые	25	29,0
951			Чехи	25	25,0
952			Мокиш	27	20,0
953		Стреличевский	Губоревичи	25	11,0
954			Ивановка	28	15,0
955			Красное Озеро	24	15,0
956			Красный Рог	22	12,0
957			Пос. им. Ленина	22	11,0
958			Стреличево	30	17,0
959		Тульговичский	Буда	20	19,0
960			Ломачи	20	63,0
961			Ломыш	15	18,0
962			Тульговичи	17	21,0
963	Брагинский	Районного подчин.	Брагин	18	27,0
964			Комарин	27	3,0
965		Асаревичский	Асаревичи	16	3,0
966			Вялье	24	3,0
967			Галки	15	2,0
968		Верхнежарский	Верхние Жары	15	1,0
969			Нижние Жары	15	2,0
970		Гденский	Гдень	20	5,0
971			Скородное	20	3,0
972			Чикаловичи	30	5,0
973			Заречье	18	5,8
974			Стежерное	16	5,0
975			Городок	16	4,0
976		Кривченский	Дубровка	19	3,0
977			Красная Нива	17	2,0
978			Алексеевка	16	5,0
979			Кривча	22	3,0
980			Переносы	15	3,0
981			Демеевка	16	3,0
982		Малейковский	Городище	21	6,0
983			Котловица	22	5,0
984			Малейки	21	8,0
985			Новый Мокрец	15	4,0
986			Петрицкое	21	4,0
987			Старый Мокрец	15	3,0
988			Стежерное	10	5,0
989			Селец	22	5,0
990			Пацков	13	7,0
991			Тельман	17	6,0
992		Маложинский	Бересневка	26	2,0
993			Громкий	30	1,0
994			Доброгоща	26	1,0
995			Жиличи	26	1,0
996			Красная Поляна	20	4,0
997			Маложин	28	2,0
998			Рытов	26	3,0
999		Микуличский	Великий Лес	15	2,0
1000			Кононовщина	16	3,0
1001			Красная Горка	16	21,0
1002			Микуличи	16	17,0
1003			Красное Поле	18	9,0
1004			Рыжков	16	10,0
1005		Новоиолченский	Березки	19	3,0
1006			Голубовка	10	6,0
1007			Нивки	10	2,0
1008			Красное	13	5,0
1009			Новая Иолча	10	4,0
1010			Осинник	10	14,0
1011			Старая Иолча	12	4,0
1012			Александровка	10	3,0
1013		Остроглядовский	Вязок	10	43,0
1014			Дубровное	18	15,0
1015			Маритон	17	10,0
1016			Ковали	19	10,0
1017			Бакуны	18	12,0
1018			Бурки	19	11,0
1019			Щербины	19	17,0
1020		Храковичский	Сувиды	46	6,0
1021			Ляды	30	3,0
1022			Двор-Савичи	20	3,0
1023			Грушное	36	3,0
1024			Просмычи	29	4,0
1025			Целуйки	27	3,0
1026			Калинин 1 (Калининский)	26	5,0

№	Район (Region)	Сельсовет (Village)	Нас. пункт (Location)	Проб. (Sample)	Средн. (Average)
1027			Ленинский	36	2,0
1028			Новая Гребля	28	4,0
1029			Новые Храковичи	25	4,0
1030			Старые Храковичи	15	4,0
1031		Сперижский	Волоховщина	24	7,0
1032			Дублин	18	7,0
1033			Михалов	24	12,0
1034			Старые Юрковичи	18	3,0
1035		Угловский	Команов	18	5,0
1036			Лубеники	22	3,0
1037			Майский	20	3,0
1038			Михновка	33	5,0
1039			Новый Путь	26	8,0
1040			Рудня Журавлева	24	4,0
1041			Теклинов	18	6,0
1042			Углы	18	5,0
1043			Шкураты	27	7,0
1044		Чемерисский	Братский	31	3,0
1045			Садовый	32	4,0
1046			Чемерисы	20	1,0
1047		Брагинский	Кавака	26	8,0
1048			Пожарки	21	15,0
1049			Млынок	16	10,0
1050		Комаринский	Иванки	16	3,0
1051			Карловка	16	3,0

№	Район (Region)	Сельсовет (Village)	Нас. пункт (Location)	Проб. (Sample)	Средн. (Average)
1052			Катичев	21	3,0
1053			Кирова	15	2,0
1054			Пасека	16	2,0
1055	Лоевский	Районного подчин.	Лоев	18	0,5
1056		Колпенский	Крупейки	14	1,0
1057			Мохов	14	0,3
1058		Малиновский	Белый Колодец	23	12,0
1059			Буда-Петрицкая	11	5,0
1060			Вышков-Бурицкая	22	7,0
1061			Лесуны	24	9,1
1062			Малиновка	14	14,0
1063			Новая Борщевка	10	5,0
1064			Рудня-Удалевская	20	5,0
1065			Хатки	14	7,0
1066		Уборковский	Громыки	14	2,0
1067			Липняки	16	1,0
1068			Михалевка	13	12,0
1069			Уборовка	14	1,8
1070			Уборок	12	3,0
1071	Районы г. Гомеля	Железнодорожный	Гомель	15	2,3
1072		Новобелицкий	Гомель	13	0,7
1073			Новобелица	15	1,0
1074		Советский	Гомель	15	1,6
1075		Центральный	Гомель	13	2,3

ДАННЫЕ О ЗАГРЯЗНЕНИИ ТЕРРИТОРИИ БССР ЦЕЗИЕМ-137 Ки/км^2)

(Caesium-137)

МИНСКАЯ ОБЛАСТЬ (MINSK)

№	Район (Region)	Сельсовет (Village)	Нас. пункт (Location)	Проб. (Sample)	Средн. (Average)
1	Борисовский		Оздятичи	10	2,0
2			Борисов	10	0,0
3			Велятичи	10	0,5
4			Забашевичи	10	0,0
5			Иканы	10	0,0
6			Колки	10	0,0
7			Корсаковичи	10	0,0

№	Район (Region)	Сельсовет (Village)	Нас. пункт (Location)	Проб. (Sample)	Средн. (Average)
8			Клыпенка	10	0,1
9			Моисеевщина	10	0,0
10			Недаль	10	0,0
11			Пересады	10	0,1
12			Гливин	10	1,0
13			Новая Метча	10	1,0
14			Черневичи	10	1,0

№	Район (Region)	Сельсовет (Village)	Нас. пункт (Location)	Проб. (Sample)	Средн. (Average)
15		Гливинский	Новоселки	10	0,5
16	Березинский		Каменный Борок	10	1,0
17			Орешковичи	10	1,0
18			Березино	10	0,0
19			Уша	10	0,3
20		Вишневский	Бертимы	10	0,0
21			Затишек	10	0,2
22	Вилейский	Хотенчецкий	Хотенчицы	10	2,0
23		Долгиновский	Долгиново	10	0,0
24		Ижский	Ижа	10	0,0
25		Костеневичский	Костеневичи	10	0,0
26		Нарочанский	Боровцы	10	1,0
27			Русское Село	10	0,0
28			Ручица	10	0,0
29		Любанский	Бильцевичи	10	0,0
30			Талуть	10	0,0
31		Ольковичский	Ольковичи	10	0,2
32		Осиповичский	Осиповичи	10	1,0
33			Вилейка	10	0,0
34			Избино	10	0,1
35			Медведино	10	0,1
36			Ручевые	10	0,2
37	Воложинский		Родьки	10	5,0
38			Конющевщина	10	5,0
39			Тихановщина	10	5,0
40		Бобровичский	Поликщина	10	0,0
41		Богдановский	Войштовичи	10	1,0
42			Войганы	10	0,3
43			Заречное	10	0,0
44			Иванишки	10	0,2
45			Игнатово	10	0,1
46			Котовщина	10	0,5
47			Якимовщина	10	0,3
48			Ольшанка	10	1,0
49		Вишневский	Янишки	10	1,0
50		Дорский	Доры	10	1,0
51		Ивенецкий	Ивенец	10	1,0
52			Камень	10	4,0
53		Першайский	Довгулевщина	10	2,0
54			Першай	10	8,0
55			Конюшевщина	10	5,0
56			Ротьки	10	5,0
57			Тихоновщина	10	5,0
58		Сугвоздовский	Лосокино	10	3,0
59			Клериманты	10	1,0
60			Тябуты	10	5,0
61		Городьковский	Городьки	10	0,1
62			Слобода	10	0,2
63		Дорский	Дубовцы	10	0,2
64			Шараи	10	0,3
65		Залесский	Богданово	10	0,1
66		Ивенецкий	Букатово	10	0,1
67			Углы	10	0,0
68		Першайский	Лесники	10	0,0
69		Подберезовский	Подберезье	10	0,0
70			Анцелевщина	10	0,2
71			Ворони	10	0,0
72			Геленово	10	0,4
73		Раковский	Борок	10	0,1
74			Полочанка	10	0,1
75			Пережоры	10	0,0
76		Саковщинский	Саковщина	10	0,4
77			Бертениха	10	0,1
78			Кальвария	10	0,0
79			Кибы	10	0,2
80			Савичи	10	0,0
81		Сугвоздовский	Сугвозды	10	0,0
82			Лужаны	10	0,0
83			Новосады	10	0,2
84		Яршевичский	Бакшты	10	0,0
85			Маньковщина	10	0,0
86			Великое Поле	10	0,0
87			Глеи	10	0,0
88			Дворец	10	0,0
89			Есьмановцы	10	0,2
90			Жоховщина	10	0,1
91		Кудевцы	Лютино	10	0,0
92			Ликачи	10	0,0
93			Мажулево	10	0,2
94			Новино	10	0,0
95			Яршевичи	10	0,2
96			Воложин	10	0,0
97				10	0,0
98				10	0,0
99				10	0,0
100	Дзержинский		Волма	10	0,0
101			Дзержинск	10	0,0
102			Станьково	10	0,3
103			Негорелово	10	0,0
104			Фаниполь	10	0,0

№	Район (Region)	Сельсовет (Village)	Нас. пункт (Location)	Проб. (Sample)	Средн. (Average)
105	Клецкий		Клецк	10	0,0
106			Загорное	10	0,0
107			Морочь	10	0,0
108			Синявка	10	0,0
109			Смоличи	10	0,0
110	Копыльский		Бобовня	10	0,0
111			Бучатино	10	0,0
112			Копыль	10	0,0
113			Слобода-Кучинка	10	0,0
114	Крупский		Бобр	10	0,2
115			Крупки	10	0,0
116			Обчуга	10	0,0
117			Прошика	10	0,0
118			Старая Пересека	10	0,1
119			Ухвала	10	0,0
120			Холопеничи	10	0,0
121			Хотюхово	10	0,0
122			Яновщина	10	0,0
123	Логойский		Плешеницы	10	0,0
124			Логойск	10	0,0
125			Белое	10	0,4
126			Крайск	10	0,0
127			Прусевичи	10	0,0
128	Молодечненский		Холхлово	10	2,0
129			Граничи	10	0,0
130			Засковичи	10	0,1
131			Марково	10	0,1
132			Родошковичи	10	0,0
133			Пекари	10	0,0
134			Молодечно	10	0,0
135	Мядельский		Андрейки	10	0,0
136			Брусы	10	0,0
137			Буйки	10	0,0
138			Городище	10	0,0
139			Кривичи	10	0,0
140			Константиново	10	0,0
141			Лотва	10	0,0
142			Мядель	10	0,0
143			Нарочь	10	0,1
144			Ольсевичи	10	0,0
145			Ольшево	10	0,0
146			Свирь	10	0,0
147			Слобода	10	0,0
148			Узла	10	0,2
149	Минский		Заславль	10	0,0
150			Крупица	10	0,0
151			Колодищи	10	0,0
152			Паперня	10	0,2
153			Сосны	10	0,4
154			Юзуфово	10	0,0
155	Несвижский		Войниловичи	10	0,0
156			Ганусовщина	10	0,0
157			Городея	10	0,0
158			Грицкевичи	10	0,0
159			Красногорки	10	0,0
160			Кучиновщина	10	0,0
161			Лань	10	0,1
162			Леоновичи	10	0,0
163			Микуличи	10	0,0
164			Макаши	10	0,0
165			Несвиж	10	0,0
166			Островки	10	0,0
167			Петуховщина	10	0,0
168			Снов	10	0,0
169			Ст.Новоселки	10	0,0
170			Славково	10	0,0
171			Янчицы	10	0,0
172	Любанский		Веречегош	10	0,0
173			Коммуна	10	0,0
174			Любань	10	0,1
175			М. Городятичи	10	0,0
176			Орлево	10	0,0
177			Озерная	10	0,2
178			Паличная	10	0,1
179			Редковичи	10	0,1
180			Сосны	10	0,0
181			Сорочи	10	0,0
182			Ст. Юрковичи	10	0,2
183			Уречье	10	0,0
184			Чеченск	10	0,0
185			Шепиловичи	10	0,0
186			Яминск	10	0,0
187	Обл. подчинения		Солигорск	10	0,2
188			Марьина Горка	10	0,0
189			Пуховичи	10	0,1
190			Турин	10	0,1
191	Пуховичский		Марьина Горка	10	0,0
192			Пуховичи	10	0,1
193			Турин	10	0,1
194	Смолевичский		Драчково	10	0,0

№	Район (Region)	Сельсовет (Village)	Нас. пункт (Location)	Проб. (Sample)	Средн. (Average)
195			Жодино	10	0,0
196			Зеленый Бор	10	0,2
197			Студенка	10	0,1
198			Смолевичи	10	0,0
199			Усяжа	10	0,0
200	Солигорский	Районного подчин.	Красная Слобода	10	0,4
201			г. Солигорск	10	0,0
202		Гоцкий	Гоцк	10	3,0
203		Гаврильчицкий	Гаврильчицы	10	5,0
204		Долговский	Махновичи	10	0,1
205			Мелковичи	10	0,1
206		Домановичский	Сковшин	10	0,0
207			Домановичи	10	0,2
208			Осово	10	0,0
209		Зажевичский	Березовка	10	0,0
210		Конацевичский	Тесна	10	2,1
211		Краснослободский	Красная Слобода	10	0,2
212		Краснодворецкий	Листопадовичи	10	0,1
213		Новотерушский	Обидемля	10	0,2
214		Хоростовский	Новина	10	1,6
215			Груздово	10	5,0
216			Челонец	10	5,0
217			Хоростово	10	2,0
218		Ясковичский	Пузичи	10	1,2
219			Ясковичи	10	0,3
220			Б. Викоровичи	10	1,4
221	Солигорский		Груздово	10	5,0
222			Челонец	10	5,0
223			Гаврильчицы	10	2,2
224			Загорье	10	0,2
225	Слуцкий		Борки	10	0,0
226			Белевичи	10	0,0
227			Беличи	10	0,0
228			Гацук	10	0,0
229			Греск	10	0,0
230			Исерно	10	0,1
231			Млынка	10	0,0
232			Н. Беличи	10	0,0
233			Чижовка	10	0,0
234			Слуцк	10	0,0
235	Стародорожский		Вертучино	10	0,0
236			Александровка	10	0,0
237			Горки	10	0,0
238			Залужье	10	0,0
239			Положевичи	10	0,0
240			Новый Рабак	10	0,0
241			Старые Дороги	10	0,1
242			Рамичи	10	0,0
243			Шапчицы	10	0,0
244			Щитковичи	10	0,0
245			Языль	10	0,1
246	Столбцовский		Вишневец	10	0,0
247			Засулье	10	0,0
248			Литва	10	0,0
249			Налибоки	10	0,0
250			Столбцы	10	0,0
251			Шашки	10	0,2
252	Узденский		Любяча	10	0,0
253			Занеманец	10	0,0
254			Зеньковичи	10	0,0
255			Жирмоны	10	0,0
256			Борки	10	0,0
257			Войково	10	0,0
258			Литвяны	10	0,0
259			Озеро	10	0,0
260			Теплень	10	0,1
261			Теляково	10	0,0
262			Узда	10	0,0
263	Червенский		Рудня	10	0,0
264			Ляды	10	0,0
265			Червень	10	0,0
266			Хутор	10	0,0
267			Смиловичи	10	0,1
268				10	0,0

ДАННЫЕ О ЗАГРЯЗНЕНИИ ТЕРРИТОРИИ БССР ЦЕЗИЕМ-137 Ки/км^2)
(Caesium-137)

МОГИЛЕВСКАЯ ОБЛАСТЬ (MOGILEV)

№	Район (Region)	Сельсовет (Village)	Нас. пункт (Location)	Проб. (Sample)	Средн. (Average)
1	Обл. подчинения		Кричев	18	0,5
2			Осиповичи	10	7,7
3	Костюковичский	Районного подчин.	Костюковичи	16	0,3
4		Белодубровский	Белая Дубрава	16	6,0
5			Боровка	13	2,7
6			Клеевичи	15	15,0
7			Клетки	21	36,3
8			Островок	21	26,5
9			Староселье	12	6,2
10		Белынковичский	Артюхи	10	0,3
11			Белый Камень	10	0,2
12			Белынковичи	10	0,3
13			Большая Крапивня	10	0,3
14			Бони	10	0,3
15			Вишенский	10	0,3
16			Заречье	16	0,2
17			Каничи	10	0,2
18			Кисели	10	0,3
19			Липовка	10	0,4
20			Пасека	10	0,3
21			Соколовский	17	0,3
22			Трусок	10	0,3
23		Бороньковский	Боровая	10	4,3
24			Бороньки	16	0,4
25			Гавриленка	10	0,7
26			Каменка	10	0,5
27			Сигеевка	16	9,7
28			Паньковская Буда	10	1,0
29		Братьковичский	Блудимля	35	12,5
30			Братьковичи	21	16,5
31			Дубровка	21	30,7
32			Колодезская	36	27,0
33			Осов	16	15,1
34			Скалин	21	23,6
35			Хоминка	24	12,6
36			Читовые	18	13,8
37		Горсовет	Василевка	10	0,5
38			Избужар	10	0,3
39			п. Россохи	16	0,2
40			Студенец	16	0,6
41			Федоровка	10	0,3
42		Демидовичский	Витунь	12	0,5
43			Вишеньки	10	9,0
44			Городок	10	0,2
45			Демидовичи	10	0,4
46			Осиновка	16	0,4
47			Ручей	10	0,7
48		Дережненский	Ветухна	42	45,0
49			Гайковка	24	44,8
50			Гарь	24	8,4
51			Горбовичи	25	14,1
52			Дережня (Красница)	33	52,3
53			Долгий Лог	21	22,8
54			Дубиец	26	27,0
55			Красная Заря	26	2,0
56			Кривая Нива	21	33,6
57			Люблин	31	5,7
58			Меловка	21	17,7
59			Новая Слобода	16	5,9
60			Носетское	15	3,4
61			Печенеж	21	18,2
62			Поломка	21	9,6
63			Рвенск	20	28,0
64		Забычанский	Галачевка	16	6,4
65			Гумницкое	16	0,6
66			Забычанье	27	6,1
67			Красная Слобода	19	1,0
68			Красный Курган	19	2,5
69			Крупня	16	1,0
70			Мурин Бор	21	0,8
71			Негино	26	4,4
72			Низки	21	0,7
73			Норкино	54	15,0
74			Подгородок	18	0,7
75			П.Забычанье	14	6,0
76			Россохи	10	0,6
77			Хорошовка	21	0,5
78			Высокое	10	0,4
79		Мокровский	Великий Бор	46	14,7
80			Вировка	25	58,3

№	Район (Region)	Сельсовет (Village)	Нас. пункт (Location)	Проб. (Sample)	Средн. (Average)
81			Вишни	15	8,7
82			Вороновка	19	38,1
83			Гутка	40	45,2
84			Дубровка	16	3,5
85			Егоровка	16	10,3
86			Жарки	21	10,6
87			Заречье	21	57,9
88			Затишье	45	8,0
89			Ковычецы	19	9,3
90			Ленинский	50	45,2
91			Мамоновка	40	34,3
92			Мокрое	40	36,0
93			Мошевое	14	3,9
94			Озерец	24	44,3
95			Подрайский	17	4,0
96			Раек	17	5,8
97			Углы (Червоный Угол)	20	71,1
98			Шабли	16	6,8
99		Пролетарский	Антоновка	18	0,4
100			Большая Волосковня	10	0,4
101			Волосковня	15	0,3
102			Волынеж	16	0,4
103			Вязовец	16	0,4
104			Затишье	16	0,3
105			Камень	16	0,4
106			Колодезьки	17	1,5
107			Корбаново	16	0,4
108			Лесовой	16	0,5
109			Муравиль	10	0,3
110			Теханичи	10	0,2
111			Черченовка	10	0,2
112			Янгеловка	10	0,4
113		Самотевичский	Видуйцы	31	19,0
114			Киселевка	26	32,0
115			Красномосковский	24	35,0
116			Морозовка	26	27,0
117			Папоротная	19	13,3
118			Провиденец	21	27,6
119			Прудок	21	23,1
120			Самотевичи	32	32,5
121			Силичи	30	16,7
122			Тарасовка	26	21,0
123			Хотимск	26	41,0
124		Селецкий	Журбин	12	0,5
125			Колосовка	10	0,3
126			Сафоновка	10	0,3
127			Селецкое	16	0,2
128			Смольки	10	6,3
129			Старая Фроловка	10	0,3
130			Разрытая	10	0,3
131	Климовичский	Районного подчин.	Климовичи	16	1,0
132		Высоковский	Автуховка	10	0,4
133			Высокая Буда	16	1,1
134			Высокое	21	0,9
135			Жевжик	20	0,4
136			Красавичи	20	1,0
137			Красовичская Слобода	13	1,3
138			Новый Строй	19	0,9
139			Торчанка	21	0,6
140			Яновка	21	0,8
141		Галичский	Галичи	10	0,3
142			Мыза	16	0,2
143			Петровка	10	0,4
144			Соколовка	10	0,3
145			Недведь	10	0,3
146		Гусарковский	Блиунг	10	0,3
147			Зеленый Клин	15	0,4
148			Зимницы	10	0,7
149			Свирель	10	0,2
150			Свищево	10	0,4
151			Гусарка	10	0,2
152		Домамеричский	Барсуки	10	0,3
153			Домамеричи	10	0,1
154			Хотовиж	10	0,2
155			Церковище	10	0,4
156		Киселево-Будский	Великий Мох	10	0,6
157			Звенчатка	10	0,4
158			Ивановск	10	0,4
159			Киселева-Буда	10	0,5
160			Ковалевка	10	0,5
161			Старый Дедин	10	0,4
162			Федоровка	10	0,4
163		Лобжанский	Борисовичи	20	4,0
164			Ганновка	45	12,6
165			Городок	16	0,2
166			Грязивец	14	0,4
167			Гута	16	1,4
168			Дубровица	21	8,7

№	Район (Region)	Сельсовет (Village)	Нас. пункт (Location)	Проб. (Sample)	Средн. (Average)
169			Игнатовка	55	16,6
170			Заручье	15	0,5
171			Лобжа	10	0,7
172			Новые Жарки	20	0,4
173			Папехинка	16	1,9
174			Подъелье	10	0,5
175			Рудня	10	0,6
176			Селище	32	40,0
177			Синеж	16	0,5
178			Старые Жарки	20	0,5
179		Лозовицкий	Осмоловичи	10	0,2
180			Павловичи	12	0,6
181			Уздеевичи	10	0,5
182			Лозовица	10	0,4
183		Милославичский	Милославичи	12	0,2
184			Переволочня	10	0,4
185			Питер	10	0,4
186			Склимин	10	0,4
187			Совна	10	0,4
188			Старый Стан	10	0,5
189			Титовка	10	0,3
190		Родненский	Васьковка	10	0,3
191			Родня	12	0,2
192			Сидоровка	10	0,5
193			Судилы	10	0,5
194			Халдеевка	10	0,3
195			Якубовка	10	0,4
196		Савиничский	Александровка	44	47,1
197			Будище	25	27,6
198			Горки	21	21,6
199			Городешня 1	26	12,8
200			Городешня 2	21	16,0
201			Грязивец	21	9,7
202			Дережня	31	19,9
203			Замошенье	26	17,8
204			Канчары	39	40,0
205			Кашеновка	39	17,0
206			Кислядь	20	18,0
207			Рысин	21	6,0
208			Савиничи	30	29,2
209			Студенец	21	18,8
210			Титовка	39	40,0
211			Шишковка	17	26,0
212		Тимоновский	Балешин	18	0,4
213			Вознесенск	20	0,5
214			Гиреевичи	25	0,5
215			Дорогинь	21	0,5
216			Жадунька	21	0,5
217			Кукуевка	20	0,5
218			Лубянка	21	0,6
219			Медведовка	19	0,4
220			Муравец	21	0,5
221			Плющево	21	0,3
222			Семеновка	21	0,5
223			Спартак	22	0,6
224			Стайки	20	0,7
225			Тимоново	20	0,5
226			Ясная Поляна	22	0,4
227	Краснопольский	Районного подчин.	Краснополье	13	1,4
228		Высокоборский	Александровка 1	30	12,0
229			Александровка 2	26	6,8
230			Антоновка	21	34,9
231			Брилевка	22	6,9
232			Ветухновка	21	8,0
233			Высокий Борок	31	67,0
234			Горезна	35	37,2
235			Горна	26	20,0
236			Гослев	16	36,6
237			Дубеец	25	14,6
238			Железница	16	31,0
239			Желижье	16	65,0
240			Заборье	21	9,4
241			Заречье	38	8,9
242			Какойск	31	21,8
243			Калинина	38	15,4
244			Калиновый Бор	33	36,2
245			Костюковка	35	29,4
246			Красное Знамя	26	15,8
247			Краснозвездный	26	33,5
248			Круторог	21	17,0
249			Лещенка	21	11,5
250			Лещенская Гута	21	12,2
251			Мануйлы	26	60,0
252			Осиновый	41	18,5
253			Осов	30	25,4
254			Палуж 1	38	10,3
255			Палуж 2	32	27,9
256			П. Буглай	26	7,8
257			П. Какойск	16	15,7
258			Поджелезница	21	20,4

№	Район (Region)	Сельсовет (Village)	Нас. пункт (Location)	Проб. (Sample)	Средн. (Average)
259			Росомаха 1	21	20,3
260			Росомаха 2	21	20,0
261			Сосновица 1	21	36,6
262			Сосновица 2	21	28,4
263			Сосновский Хутор	23	31,2
264			Степаново	49	26,7
265			Суворовка	21	6,3
266			Шелуховка	16	32,6
267			Широкоувелье	26	22,0
268		Горский	Артехов	21	9,4
269			Бирюли	21	6,0
270			Веселый	24	6,2
271			Горенка	16	6,3
272			Городный	15	5,1
273			Горы	26	7,8
274			Грибы	16	7,4
275			Грозный	22	5,2
276			Грязивец	20	7,1
277			Дерновая	16	6,0
278			Дубровка	21	6,8
279			Загоренье	27	19,5
280			Им. Кирова	13	5,7
281			Ковпита	18	6,0
282			Ленина	24	5,0
283			Леоновка	21	7,1
284			Некрасов	26	5,0
285			Новый Совет	26	8,5
286			Полядки	21	10,5
287			Романов	21	10,5
288			Леоновка	15	7,0
289			Средний	20	5,3
290			Стайки	21	4,7
291		Мхиничский	Буглаи	21	5,6
292			Глыбов	27	7,0
293			Готовец	46	66,0
294			Драгомилово	25	64,0
295			Козелье	28	5,0
296			Лосинка	26	57,4
297			Марьина Буда	27	50,0
298			Мхиничи	22	58,4
299			Новое Житье	31	3,7
300			Победа	34	7,4
301			Романьки	27	6,1
302			Тивецкое	36	9,8
303			Холмы	24	5,4

№	Район (Region)	Сельсовет (Village)	Нас. пункт (Location)	Проб. (Sample)	Средн. (Average)
304			Ячная Буда	33	2,7
305		Новоельнинский	Березяки 1	29	33,8
306			Березяки 2	20	22,1
307			Болин	40	15,4
308			Большой Осов	32	42,9
309			Гацкевич	43	75,9
310			Драготынь	40	31,5
311			Зелени (Красная Заря)	26	46,3
312			Корма-Долгая	19	49,7
313			Корма-Пайки	22	72,7
314			Кривелицк	24	10,8
315			Малый Осов	22	47,0
316			Новая Ельня	58	92,2
317			Новместный	19	8,7
318			Осиновка	22	10,7
319			Папоротки	40	10,0
320			Радилево	35	35,5
321			Репище	33	127,4
322			Ровнище	21	17,8
323			Хатыжин	21	13,3
324			Чернин	24	3,1
325			Якушевка	25	26,7
326		Сидоровский	Городецкая	21	3,5
327			Граковка	18	9,3
328			Ельня	19	24,0
329			Калиновка	12	2,9
330			Кожемякино	12	3,8
331			Колодецкий	12	2,9
332			Луч	32	2,7
333			Лютнянская Буда	15	2,7
334			Малые Хутора	16	3,8
335			Медведовка	12	5,6
336			Нерядовка	28	16,6
337			Софиевка	36	9,4
338			Травна	12	5,9
339			Устиновичи	32	3,9
340			Федоровка	13	4,0
341			Ясенка	14	3,6
342			Яснополье	13	2,3
343			Богдановка	17	11,2
344			Большие Хутора	10	4,2
345			Городок	10	6,7
346			Лютня	10	2,6
347			Михайловский	10	3,9
348			Новая Ферма	10	3,5

№	Район (Region)	Сельсовет (Village)	Нас. пункт (Location)	Проб. (Sample)	Средн. (Average)
349			Новая Ясенка	10	3,2
350			Новина	10	1,3
351			Новоселки	10	2,3
352			Сидоровка	10	2,2
353			Турейск	10	1,4
354			Заводок	10	1,8
355		Соболевский	Березуга	23	15,0
356			Боровая	17	38,0
357			Выдренка	26	16,0
358			Горки	21	11,5
359			Городок	51	44,6
360			Дубровка	36	71,0
361			Заводок	68	76,1
362			Ляды	22	9,1
363			Марьинополье	20	9,9
364			Овчинец	28	14,0
365			Петровичи	22	17,6
366			Соболи	47	11,9
367			Старая Буда	16	33,6
368			Струменск	26	8,3
369			Топкое	26	25,4
370			Черня	18	19,4
371		Турьевский	Буходьково	36	6,0
372			Восход	16	4,1
373			Гора	24	5,9
374			Долгая Выгорь	31	5,4
375			Дубровка	19	4,5
376			Клясино	38	4,7
377			Князевка	26	2,5
378			Курганье	27	3,3
379			Ломы	26	7,8
380			Малюшино	26	8,0
381			Непобедимый	37	5,3
382			Почепы	30	2,8
383			Сосновский	28	7,7
384			Станислав	16	3,0
385			Трубильня	27	5,0
386			Турья	36	6,2
387			Хвощи	22	7,0
388			Широкий	37	5,0
389		Яновский	Козелье	27	9,0
390			Курбаки	24	6,0
391			Яновка	15	7,4
392			Ленинский	22	7,6
393			Лесовой	12	5,0
394			Малиновка	21	5,0
395			Передовой	23	6,1
396			Яновка	24	7,4
397			Голузы	10	3,5
398			Калининский	15	3,8
399			Костяговка	10	5,0
400			Бардич	10	2,0
401	Чериковский	Районного подчин.	Чериков	21	6,8
402		Вепринский	Боровая	26	9,8
403			Веприн	21	32,5
404			Гроново	21	7,6
405			Калютино	51	30,1
406			Каменка	44	72,7
407			Клины	26	24,0
408			Лисань	24	32,1
409			Майский	20	8,3
410			Малиновка	39	74,8
411			Новомалиновка	31	63,2
412			Осовец	50	64,0
413			Чудяны	71	146,5
414		Веремейский	Бельгийский	20	4,0
415			Веремейки	14	2,6
416			Городец	14	2,8
417			Зобачев	14	2,5
418			Каменка	14	1,8
419			Колода	20	5,0
420			Корма	14	4,6
421			Косари	13	0,9
422			Красный	20	5,0
423			Ляхи	15	1,7
424			Мосток	14	3,5
425			Новая Белица	14	2,4
426			Норки	13	3,1
427			Селище	14	2,9
428			Старая Белица	14	3,6
429			Холодня	14	3,4
430			Черныщин	14	2,6
431			Юдовка	14	2,6
432			Ясная Заря	20	5,0
433			Ясная Поляна	20	5,0
434		Горсовет	Лимень	28	3,7
435			Высокое	15	0,7
436		Езерский	Баков	21	12,8
437			Вербеж	21	2,3
438			Виноград	21	4,3

№	Район (Region)	Сельсовет (Village)	Нас. пункт (Location)	Проб. (Sample)	Средн. (Average)
439			Гривки	22	5,0
440			Езеры	19	5,3
441			Заозерье	22	8,3
442			Звезда	25	5,7
443			Карповский	14	3,3
444			Михлин	23	5,7
445			Новая Слобода	14	4,5
446			Новый Свет	19	3,8
447			Полипень	10	6,4
448			Припечино	22	5,1
449			Ремидовщина	18	6,4
450			Рогалино	25	6,0
451			Ржавец	17	1,8
452			Селище	26	5,4
453			Соколовка	27	5,2
454			Шиманы	23	9,4
455		Лобановский	Васьковка	20	4,1
456			Возрождение	14	1,8
457			Гижня	13	5,1
458			Громобой	14	2,3
459			Долгое	18	7,4
460			Дубровка	14	3,0
461			Еловка	14	1,9
462			Житнев	19	2,5
463			Заря	12	3,0
464			Зеленый Дуб	14	2,3
465			Каменка	14	1,8
466			Лобановка	15	1,5
467			Лобча	13	6,2
468			Октябрь	14	1,4
469			Остров	14	2,0
470			Победа	14	2,0
471			Подбудки	14	2,0
472			Подломье	14	3,1
473			Рынковка	14	4,0
474			Светлый	14	0,9
475			Щетинка	14	2,4
476		Речицкий	Ближняя Речица	26	28,1
477			Гойков	21	11,0
478			Комаровичи	30	23,0
479			Михалин	25	12,3
480			Охорь	20	17,8
481			Победа	21	10,8
482			Речица	26	11,0
483			Степанов	43	16,3
484			Торжев	19	16,3
485			Устье	26	12,2
486			Холоблин	26	10,4
487		Сормовский	Анютино	17	3,9
488			Богдановка	26	8,8
489			Богдановка, сан. "Сож"	20	9,6
490			Вымочь	31	11,4
491			Глинь	21	13,0
492			Горки	23	8,0
493			Горки, сан. "Солнышко"	15	6,0
494			Журавель	33	18,0
495			Загурковище	20	5,6
496			Зори	26	15,8
497			Корма	18	9,0
498			Латыщено	16	9,6
499			Лещевино	26	4,5
500			Лютровка	14	1,5
501			Мирогош	23	2,9
502			Монастырек	50	30,8
503			Мостково	18	7,6
504			Палом	10	7,0
505			Турье	25	8,3
506			Удога	42	7,0
507			Шароевка	19	1,5
508			Юный Пахарь	14	2,8
509			Ямки	16	9,6
510		Ушаковский	Бакуновичи	31	29,3
511			Головчицы	26	5,4
512			Драгунские Хутора	21	3,3
513			Дубровка	21	23,3
514			Зябень	20	17,0
515			Князевка	21	12,8
516			Лысовка	21	38,3
517			Михайловка	22	5,2
518			Островы	32	43,0
519			Пиленка	26	15,0
520			Пильня	16	3,9
521			Ушаки	32	18,2
522			Холменка	29	26,8
523			Чериковское	15	2,2
524	Быховский	Районного подчин.	Быхов	16	5,1
525		Борколабовский	Залохвенье	12	6,0
526			Барсуки	10	7,4

№	Район (Region)	Сельсовет (Village)	Нас. пункт (Location)	Проб. (Sample)	Средн. (Average)
527			Борколабово	10	5,0
528			Боровка	16	6,8
529			Косичи	10	7,0
530			Липовка	15	3,8
531			Ректа	14	6,6
532			Ходутичи	13	5,0
533		Верхнетощицкий	Великий Лес	10	2,3
534			Верхняя Тощица	12	6,0
535			Виляховка	10	6,0
536			Вишенька	10	1,4
537			Заводчик	10	3,0
538			Истопки	10	6,0
539			Красный Пахарь	10	0,5
540			Липа	10	2,0
541			Нижняя Тощица	10	2,0
542			Первое Мая	10	2,4
543			Порталевка	15	6,0
544			П. им. Ленина	14	3,2
545			П. Калинина	10	2,0
546			П. Рабочий	10	1,2
547			Синеж	10	0,9
548			Тощица	12	2,0
549			Виляховка	14	6,0
550			Истопки	14	6,0
551			Малиновка	20	8,0
552			Михалевка	13	9,0
553			Чернолесье	15	5,0
554		Глухский	Восточная	12	3,0
555			Глухи	12	5,0
556			Новая Слободка	15	3,3
557			Подрябинки	12	1,2
558			Селища	15	2,9
559			Словенщина	14	3,4
560			Студенка	12	1,6
561			Ямнище	12	4,8
562		Городецкий	Городец	18	5,0
563			Гута	11	1,1
564			Коммуна	11	2,0
565			Лубянка	11	1,7
566			Резки	14	2,0
567		Грудиновский	Быново	13	2,6
568			Грудиновка	14	2,0
569			Давыдовичи	14	3,4
570			Перекладовичи	12	1,0
571		Дунайковский	Вьюн	16	2,6
572			Вязьма	12	1,4
573			Дунаек	12	1,5
574			Проточное	14	1,3
575			Хомичи	12	1,3
576		Краснослободский	Александров	36	30,1
577			Красная Слобода	10	3,9
578			Липовка	12	3,6
579			Никоновичи	16	3,5
580			Новый Свет	10	2,8
581			Подгорье	13	3,7
582			Поповка	14	5,0
583			Прибор	13	5,0
584			Радьков	13	2,8
585			Радькова Слобода	12	3,2
586			Смольковка	14	2,9
587			Старая Трасна	14	3,5
588			Усохи	12	3,1
589			Хачинка	31	8,9
590		Лудчицкий	Дубровка	12	2,1
591			Идрица	10	2,3
592			Лудчицы	10	1,6
593		Новобыховский	Вотня	12	4,0
594			Земледелие	14	6,7
595			Лазаревичи	15	4,0
596			Новый Быхов	15	3,2
597			Покровский	14	8,0
598			Трилесино	10	4,0
599			Таймоново	16	4,4
600			Яново	10	2,1
601		Обидовичский	Веть	10	5,0
602			Громада	13	2,9
603			Долгое	13	4,0
604			Дорки	10	3,1
605			Заболотное	15	3,5
606			Искань	10	3,0
607			Кошелевка	15	3,2
608			Круглица	10	3,5
609			Кулага	12	3,4
610			Лосевка	10	6,0
611			Обидовичи	13	2,9
612			Палки	12	2,5
613			Погарки	15	3,3
614			Селец	21	5,0
615			Старое Село	15	6,0
616			Забродье	10	2,5

№	Район (Region)	Сельсовет (Village)	Нас. пункт (Location)	Проб. (Sample)	Средн. (Average)
617		Следюковский	Воронино	12	2,9
618			Кузьковичи	16	3,9
619			Хатмилье	12	3,6
620			Годылево	12	4,8
621			Латколония	10	4,0
622		Трилесинский	Бовки	10	6,0
623			Виляга	10	6,0
624			Добуша	10	6,0
625			Смолица	10	6,0
626			Трилесино	10	5,0
627		Холстовский	Колос	13	4,3
628			Мокрое	12	4,0
629			Седич	12	5,0
630			Холстово	12	3,2
631			Хутор	12	3,2
632			Сапежинка	10	3,7
633		Черноборский	Золотва	10	1,0
634			Козел	12	4,0
635			Кучин	12	1,6
636			Черный Бор	12	1,0
637			Болоновка	10	2,0
638			Глухская Селиба	12	5,4
639			Стаховщина	12	3,6
640			Чечевичи	13	1,2
641			Сущев	13	2,4
642		Ямницкий	Антополь	10	1,0
643			Выгода	10	1,0
644			Красная Белорусь	12	1,0
645			Подлесье	10	0,2
646			Гальский	12	1,6
647	Кличевский	Бацевичский	Бацевичи	10	0,2
648			Заполье	10	0,2
649		Гонченский	Бобовка	10	0,5
650			Гончанский	12	1,0
651		Долговский	Долгое	10	3,4
652			Ядреная Слобода	10	3,0
653			Должанка	10	6,0
654		Несятский	Черевач	10	1,0
655		Октябрьский	Новый Остров	10	0,3
656		Потокский	Слободка	10	0,2
657			Усакино	10	0,5
658	Кировский	Районного подчин.	Кировск	10	2,5
659		Боровицкий	Боровица	10	0,4
660			Городец	10	0,3
661			Неговля	10	0,1
662		Любоничский	Любоничи	10	0,3
663			Сергеевичи	10	0,2
664		Павловичский	Лещенка	10	1,0
665			Селица	10	0,2
666		Скриплицкий	Вязовка	10	0,4
667			Хвойница	10	2,0
668		Стайковский	Стайки	10	1,0
669	Кричевский	Ботвиновский	Ботвиновка	16	2,1
670			Буланый	10	5,0
671			Вородьково 1	12	3,6
672			Горки	10	6,0
673			Городок	10	5,0
674			Губенщина	21	5,0
675			Малиновка	10	2,7
676			Милятино	10	5,0
677			Осинник	10	5,0
678			Подудога	10	5,0
679			Прусино	12	4,2
680			Ратная	16	6,0
681			Тиньково 1	10	2,2
682			Янов	12	3,6
683			Сетное	12	7,6
684			Верховцы	10	6,6
685		Костюшковичский	Волчас	10	5,0
686			Гуркова Нива	12	3,0
687			Дарливое	12	0,3
688			Дорогая	12	2,6
689			Калинино	16	5,0
690			Костюшковичи	22	6,0
691			Коханов	10	5,0
692			Лущевинка	10	0,5
693			Мальковка	10	5,0
694			Новики	14	6,0
695			Поклады	16	0,5
696			Прыговка	23	5,5
697			Пушкари	12	3,4
698			Свадковичи	10	9,8
699			Сокольничи	16	0,4
700			Хотиловичи	16	1,2
701		Краснобудский	Дяговичи	16	0,4
702			Зарубец	10	0,3
703			Каменка	10	0,5
704			Красная Буда	13	0,3
705			Серебрянный Ручей	15	0,2
706		Лобковичский	Ананичи	16	0,7

№	Район (Region)	Сельсовет (Village)	Нас. пункт (Location)	Проб. (Sample)	Средн. (Average)
707			Бель 1	10	0,2
708			Ивановка	10	0,3
709			Кошаны	10	0,3
710		Молятичский	Ермаковка	10	0,4
711			Молятичи	10	0,3
712	Белыничский	Запольский	Дручаны	14	3,0
713			Замочулье	16	2,0
714			Межонка	13	2,0
715			Падевичи	13	1,0
716			Рубеж	13	4,0
717			Сеньков	16	3,0
718			Стодолище	12	4,0
719			Аксеньковичи	12	0,5
720		Ланьковский	Искра	10	1,0
721		Лебедянский	Борок	10	6,0
722		Мошаницкий	Большая Мошаница	16	4,0
723			Вольница	13	2,0
724			Дробовка	12	3,0
725			Заболотье	13	3,0
726			Лисовка	10	5,0
727			Малая Мощаница	14	3,0
728			Осливка	12	1,0
729			Рудня	17	3,1
730			Секерка	13	2,2
731		Техтинский	Осовец	13	1,0
732			Курганье	10	5,0
733			Молотовка	10	5,0
734			Поливники	13	2,0
735			Прибор	12	0,3
736	Могилевский	Дашковский	Дашковка	16	1,9
737			Бовшево	10	9,0
738			Межисятки	10	3,0
739			Стайки	10	6,0
740			Досова-Селиба	12	5,0
741		Заводослободский	Поплавщина	12	7,0
742			Репище	12	5,0
743		Маховский	Дубровка	10	8,0
744	Хотимский	Районного подчин.	Хотимск	16	0,2
745		Батаевский	Ветка	10	0,3
746			Дубровка	10	0,2
747			Еленовка	10	0,2
748		Беседовичский	Варваровка	16	0,3
749		Боханский	Боханы	16	0,3
750		Великолиповский	Еловец	16	0,2
751			Липовка	20	9,0
752		Забельшинский	Таклевка	10	0,4
753		Тростинский	Тростино	16	0,2
754			Мосток	10	0,3
755	Чаусский	Районного подчин.	Чаусы	10	2,0
756		Антоновский	Антоновка	15	1,6
757			Головенчицы	13	1,9
758			Зеленая Роща	10	6,0
759			Залесье	12	1,5
760			Хоменки	13	6,0
761			Юшковичи	14	5,0
762			Красная Буда	10	5,0
763			Усушек	12	7,0
764		Благовичский	Благовичи	18	1,6
765		Войниловский	Войнилы	16	0,5
766			Копани	13	1,9
767			Любавино	12	1,0
768		Волковичский	Волковичи	13	2,3
769			Александров	10	10,0
770			Большой Грязивец	10	10,0
771			Грязивец	13	10,0
772			Долгий Мох	16	7,0
773			Малый Грязивец	19	9,0
774			Победа	10	5,0
775			Сутоки	15	11,0
776			Захарполье	13	7,0
777			Зарестье	10	5,0
778			Черенки	12	7,0
779			Красная Поляна	14	8,0
780		Горсовет	Заболотье	18	1,0
781		Дужевский	Заречье	13	3,5
782			Кононовка	12	2,1
783			Кузьминичи	13	3,6
784			Полоево	12	1,7
785			Роман-Вина	10	5,0
786			Скоклево	12	2,0
787			Теплое	13	1,1
788		Желивский	Александровка	10	5,8
789		Прудковский	Рыминка	10	2,8
790			Голочевка	10	5,0
791		Путьковский	Быново	12	1,2
792			Гатище	12	2,9
793			Ольховка	12	2,0
794			Осиновка	12	2,0
795			Прилеповка	12	1,8
796			Путьки	13	3,7

№	Район (Region)	Сельсовет (Village)	Нас. пункт (Location)	Проб. (Sample)	Средн. (Average)
797			Ребятки	12	6,7
798			Чигриновка	12	1,1
799			Нешковка	13	8,0
800		Темровичский	Темровичи	15	0,3
801	Славгородский	Районного подчин.	Славгород	17	7,1
802		Баханский	Бахань	25	12,8
803			Большая Зимница	20	8,0
804			Вишь	13	5,4
805			Добрый Дуб	25	16,3
806			Затишье	12	5,0
807			Зеленая Роща	10	5,2
808			Малая Зимница	18	7,0
809			Малые Борки	12	6,7
810			Онилино	10	6,0
811			Смолигов	12	6,1
812			Тишь	12	6,0
813			Труд	14	5,0
814			Борки	15	7,8
815		Васьковичский	Барсуковка	26	11,1
816			Безуевичи	20	5,5
817			Васьковичи	20	8,0
818			Гайшин	25	14,6
819			Гончаровка	21	7,2
820			Красный Восход	22	12,3
821			Людково	21	7,7
822			Поповка	20	6,1
823			Рудня	29	8,5
824			Селище	26	18,0
825			Тереховка	25	5,0
826			Уречье 1	25	8,0
827			Уречье 2	21	10,3
828			Чечеровка	20	11,0
829			Шеломы	24	10,9
830			Ясеновец	21	5,7
831		Гиженковский	Александровка 1	35	10,3
832			Александровка 2	40	13,8
833			Березовка	13	4,5
834			Гиженка	24	9,3
835			Гиженковское лес-во	11	1,5
836			Заболотье	26	9,4
837			Красный Октябрь	25	9,3
838			Летяги	13	6,0
839			Любаны	14	5,0
840			Телеши	14	5,0
841			Тросливка	14	5,0
842			Усохи	29	11,4
843			Ходорово	19	15,0
844			Дашковка	11	5,6
845			Заглинное	11	3,8
846			Закрупец	16	3,3
847		Горсовет	Завод Вировая	25	16,2
848			Кабина Гора	24	9,0
849			Кургановка	26	6,5
850			Михайлов	21	13,0
851			Новая Слобода	24	9,4
852			Силино Поле	25	19,7
853		Каменковский	Благодать	21	10,4
854			Дубно	43	13,1
855			Казаковка	20	6,0
856			Клины	21	17,7
857			Новая Каменка	21	5,0
858			Старая Каменка	21	7,8
859		Кульшичский	Дубровка	31	16,0
860			Жерелы	26	27,3
861			Заполянье	35	54,8
862			Куликовка 1	55	36,5
863			Куликовка 2	55	43,3
864			Кульшичи	34	16,8
865			Курганье	26	14,5
866			Приволье	19	6,3
867			Пчельня	24	21,7
868			Ржавка 1	26	6,6
869			Ржавка 2	23	8,7
870			Рябиновка	25	12,4
871			Серковка	32	13,8
872		Лопатичский	Азаричи	11	1,8
873			Железинка	12	2,9
874			Иванищевичи	16	6,5
875			Кошелев	34	22,3
876			Красная Слобода	30	19,6
877			Лесная	12	5,1
878			Лопатичи	11	1,8
879			Машецкая Слобода	14	5,8
880			Рабовичи	11	6,0
881			Улуки	11	1,6
882			Устанное	11	1,2
883			Хоронево	11	1,3
884			Чиковка	16	1,6
885		Свенский	Вышковка	12	7,0
886			Дальний	14	7,0

№	Район (Region)	Сельсовет (Village)	Нас. пункт (Location)	Проб. (Sample)	Средн. (Average)
887			Дубовый Лог	19	9,0
888			Лебедевка	23	6,6
889			Липник	14	8,0
890			Прудок	21	9,6
891			Ректа	20	7,0
892			Ректа Михайловка	18	8,0
893			Роги	30	17,0
894			Свенск	20	10,0
895			Славня	18	8,0
896			Сосновица	23	7,0
897			Черняковка	14	9,0
898			Перегон	15	12,0
899		Старинковский	Агеево	43	12,6
900			Восход	45	12,1
901			Добрянка	21	19,7
902			Кремянка	21	10,0
903			Сергеевка	39	14,1
904			Станки	44	12,2
905			Старинка	21	20,1
906			Сычин	39	9,5

ДАННЫЕ О ЗАГРЯЗНЕНИИ ТЕРРИТОРИИ БССР СТРОНЦИЕМ-90 (Ки/км^2)

(Strontium-90)

ГОМЕЛЬСКАЯ ОБЛАСТЬ (GOMEL)

№	Район	Населенный пункт	Ки/км^2
1	Гомельский	Бобовичи	0,52
2		Большевик	0,50
3		Будатин	0,60
4		Водопой	0,49
5		В.Грива	0,30
6		Глыбоцкое	0,50
7		Гомель	0,35
8		Грабовка	0,30
9		Дикаловка	0,05
10		Журавлевка	0,26
11		Забияка	0,40
12		Ивановка	0,60
13		Калинино	0,40
14		Климовка	0,43
15		Климовский	0,30
16		Марковичи	0,31
17		Михайловка	0,05
18		Михайловск	0,26
19		Новая Гута	0,10
20		Никольск	0,26
21		Осовцы	0,45
22		Островы	0,42
23		Поколюбичи	0,35
24		Прудок	0,30
25		Пролетарий	0,28
26		Рандовка	0,33
27		Ржавец	0,14
28		Рудня	0,06
29		Рудня Жигальская	0,55
30		Роги	0,70
31		Светиловичи	0,13
32		Скиток	0,08
33		Тереничи	0,61
34		Улуковье	0,12
1	Брагинский	Алексеевка	2,60
2		Александровка	1,30
3		Асаревичи	0,80
4		Бакуны	1,30
5		Бересневка	0,70

№	Район	Населенный пункт	Ки/км^2
6		* Богуши	4,30
7		Брагин	2,10
8		Братский	3,50
9		Бурки	0,70
10		Березки	1,00
11		Волоховщина	3,00
12		* Вельмов	0,20
13		Верхние Жары	1,50
14		** Выгребная Слобода	3,20
15		Вязок	1,70
16		Великий Лес	0,05
17		Вялье	1,50
18		* Верховня Слобода	0,90
19		Голубовка	0,90
20		Городище	0,92
21		Гдень	1,60
22		* Глуховичи	4,60
23		Громкий	1,30
24		Грушное	1,70
25		Двор-Савичи	1,50
26		Дублин	0,73
27		Дубровка	0,20
28		Дубровное	0,30
29		** Жердное	1,90
30		Жиличи	0,12
31		* Залесье	3,00
32		Заречье	1,10
33		Иванки	2,40
34		* Ильичи	2,80
35		Ковали	2,00
36		* Козелужцы	3,50
37		Калинин 1	2,90
38		Калининский	1,20
39		Красное	1,10
40		* Колыбань	1,70
41		Кавака	2,10
42		Каманов	0,90
43		Комарин	1,00
44		* Капоренка	2,30
45		Красное Поле	1,20
46		Галки	0,43
47		Карловка	1,20
48		Косачев	0,04
49		Котловица	1,20
50		Катичев	1,80
51		Кирово	1,20
52		Кононовщина	1,70
53		* Красная Гора	3,00
54		Красная Горка	2,00
55		* Круг-Рудка	3,80
56		** Крюки	11,00
57		** Кулажин	21,00
58		* Ленинец	4,00
59		Ленинск	4,00
60		Ленинский	0,30
61		* Ляды	1,50
62		Новые Ляды	0,90
63		Старые Ляды	1,00
64		Людвинов	0,90
65		Маложин	0,40
66		Малейки	2,80
67		Маритон	1,00
68		Микуличи	0,95
69		Михалов	1,63
70		Михновка	0,60
71		** Нежихов	2,60
72		Нижние Жары	1,80
73		Новая Иолча	0,90
74		Новый Мокрец	1,00
75		* Новый Степанов	3,70
76		Новые Храковичи	0,42
77		Нудичи	3,90
78		Пожарки	1,40
79		Пасека	1,00
80		* Посудово	2,60
81		Переносы	0,50
82		** Пересатинец	11,00
83		Петрицкое	0,70
84		* Петьковщина	2,40
85		* Печи	1,70
86		* Пирки	2,10
87		Просмычи	1,80
88		* Пристанское	4,90
89		* Пучин	3,60
90		* Осинник	1,60
91		* Острогляды	1,00

* Зона отселения
** Зона отчуждения

№	Район	Населенный пункт	Ки/км^2
92		* Рафалов	3,50
93		Рыжков	0,70
94		* Савичи	2,20
95		Садовый	2,10
96		* Соболи	2,30
97		Скородное	0,90
98		* Сперижье	2,80
99		Старая Иолча	0,70
100		Старый Мокрец	0,60
101		Старые Юрковичи	1,40
102		* Сувиды	2,10
103		Стежерное	1,80
104		Теклинов	0,80
105		Углы	0,50
106		* Хатуча	2,20
107		Целуйки	1,20
108		Чемерисы	1,00
109		* Чикаловичи	2,10
110		* Чернев	1,90
111		Шкураты	1,60
112		Щербины	1,80
113		* Ясени	1,70
114		* Ясменцы	2,00
115		Новый Путь	0,50
116		Селец	0,90
117		Рудня Журавлева	0,40
1	Наровлянский	Д.Александровка	0,80
2		* Антонов	0,60
3		Борисов	1,10
4		** Борщевка	13,70
5		* Боровичи	1,30
6		* Белобережная Рудня	1,40
7		** Белая Сорока	1,20
8		* Белый Берег	0,60
9		Братская	0,46
10		Будки	0,38
11		* Бук	3,20
12		* Березовка	4,10
13		Братская	0,38
14		* Вепры	8,00
15		Вербовичи	0,92
16		* Вяжище	1,49
17		Габрилеевка	0,61
18		Гажин	0,62
19		* Гамарня	0,28
20		Головчинская Буда	0,30
21		Головчицы	0,55
22		Грушевка	1,09
23		* Гридни	0,66
24		Гута	0,75
25		* Данилеевка	1,64
26		* Довляды	4,70
27		* Дворище	1,10
28		* Дерновичи	2,50
29		Демидов	0,54
30		Дезержинск	1,60
31		* Дубрава	1,60
32		Дятлик	0,75
33		Завойть	0,86
34		Заракитное	1,19
35		Калиничи	0,53
36		* Карповичи	2,00
37		Конотоп	1,35
38		Кирово	1,00
39		Красновка	0,67
40		Красновская Буда	0,50
41		Красный Борец	0,39
42		Красный Луч	0,09
43		Красный Остров	0,20
44		Ласка	0,55
45		* Ленинский Поселок	0,80
46		* Лисава	1,20
47		* Лиховня	0,47
48		Лубень	0,93
49		Майдан	1,43
50		Москалевка	1,60
51		* Михайловка	1,16
52		* Надточаевка	8,88
53		Наровля	0,9
54		Ничипоровка	0,8
55		* Новый Майдан	2,29
56		* Окопы	1,2
57		* Осиновка	4,64
58		Перемога	0,15
59		* Радомля	0,92
60		Романовка	1,3
61		* Рожава	8,04
62		Смолегов	1,0
63		Смолеговская Рудня	0,7
64		Свеча	0,65
65		* Тешков	1,01

№	Район	Населенный пункт	Ки/км^2
66		* Тихин	0,77
67		* Углы	1,22
68		Физинки	0,57
69		Хаменки	1,08
70		* Хатки	1,3
71		Хильчиха	0,83
72		* Хутор Лес	1,1
73		* Чапаевка	0,96
74		Чехи	0,69
75		* Ясенок	0,6
76		Буда	0,14
1	Хойникский	Алексичи	2,21
2		* Бабчин	2,1
3		** Борщевка	13,4
4		Борисовщина	1,7
5		Бересневка	1,46
6		Буда	0,92
7		Будовник	0,71
8		Велетин	1,68
9		* Воротец	2,36
10		Вить	1,44
11		Великий Бор	1,50
12		Высокая	2,29
13		* Гряда	8,8
14		Глинище	1,19
15		* Гнезденка	4,4
16		Губаревичи	2,1
17		* Дроньки	2,7
18		Езефов	1,76
19		Загалье	1,6
20		Загальская Слобода	1,37
21		Застенок	0,50
22		Звеняцкое	1,80
23		Ивановка	2,80
24		Карпиловка	0,94
25		* Кожушки	2,56
26		Козелужье	0,40
27		Кореневка	1,87
28		Корчевое	0,50
29		Кливы	1,09
30		** Красноселье	33,50
31		Красный Пахарь	0,67
32		Красная Заря	1,14
33		Куровое	0,66
34		Ломачи	2,63
35		Ленино	2,60
36		Листвин	0,37
37		** Молочки	25,00
38		** Масаны	70,90
39		Мокиш	2,54
40		Нариманов	0,52
41		Настоле	1,40
42		Небытов	0,88
43		Новоселки	1,97
44		* Ново-Покровск	3,92
45		* Новопокровка	3,48
46		* Новокухновщина	3,52
47		Омельковщина	0,70
48		* Оревичи	11,40
49		Партизанская	0,66
50		** Погонное	10,00
51		Поселичи	2,57
52		Поташня	1,10
53		Пикулиха	3,30
54		Рабец	0,46
55		** Радин	16,20
56		Рашев	0,50
57		Рудаков	1,83
58		Рудное	3,00
59		Слобожанка	2,20
60		Смирнов	1,40
61		Старч	1,65
62		Стреличево	2,12
63		Судков	1,40
64		Тульговичи	2,6
65		Туневщина	0,8
66		** Уласы	2,6
67		* Хвощевка	1,68
68		Хвойное	1,95
69		Хвойная Поляна	2,0
70		Храпков	1,5
71		Хойники	0,93
72		** Чамков	10,4
73		Чехи	1,78

* Зона отселения
** Зона отчуждения

№	Район	Населенный пункт	Ки/км^2
74		Червоный Рог	2,6
75		Красное Озеро	1,38
76		Пос. им. Ленина	2,6
1	Ветковский	Акшинка	0,5
2		Амельное	0,7
3		Бартоломеевка	1,75
4		Барченки	0,96
5		Борисневка	0,02
6		Беседь	0,7
7		Борьба	1,0
8		Борщевный	0,06
9		Быковец	1,0
10		Булановы	1,4
11		Великоборье	0,22
12		В. Бор	0,3
13		Ветка	1,0
14		Вербочки	0,26
15		Воробьевка	1,6
16		Воробьевка сев. р-н	1,6
17		Восток	0,96
18		Габровка	0,6
19		Глыбовка	0,5
20		Гута	1,2
21		Гарусты	0,8
22		Горелое болото	0,39
23		Гибки	0,23
24		Н. Громыки	0,8
25		Ю.В. Н. Громыки	1,37
26		Сев. Н. Громыки	2,7
27		Громыки	0,9
28		Говисмы	1,7
29		М. Грязивец	0,06
30		Даниловичи	1,1
31		Домашнее	1,10
32		Железники	0,45
33		Заречье	0,90
34		Затишье	0,02
35		Зимнище	0,10
36		Ириновка	0,66
37		Иванькин	0,76
38		Купреевка	0,55
39		Коновалово	0,20
40		Контуровка	0,30
41		Косицкое	0,86
42		Красный путь	1,60
43		Калинин	0,21
44		Красный Угол	0,90
45		Колбавка	0,28
46		Кирпичный з-д	0,16
47		Ковалево	0,81
48		Крушинник	0,45
49		Куты	0,28
50		Каничев	1,50
51		Лядо	0,40
52		Лазаревский	0,21
53		Лески	1,20
54		Лута	0,87
55		Линовка	0,09
56		Маяк	1,58
57		Некрасово	0,50
58		Новиловка	1,70
59		Новоселки	0,46
60		М. Немки	0,12
61		Неглюбка	0,22
62		Новоивановка	0,74
63		Однополье	0,40
64		Осово	0,61
65		Подлоги	0,46
66		Побутье	0,66
67		Первомайский	1,20
68		Перевесье	0,30
69		Передовец	0,36
70		Петрополье	0,60
71		Потесы	0,76
72		Пролетарский	0,90
73		Попсуевка	1,50
74		Павелевка	0,31
75		Перелевка	0,1
76		Полесье	0,11
77		Присно	0,45
78		Пыхань	0,8
79		Петуховка	0,34
80		Подречье	1,62
81		Репище	0,4
82		Романвино	0,06
83		Расуха	0,17
84		Рудня	0,22
85		Рудня Столбуновская	0,39
86		Радуга	0,7
87		Речки	0,9
88		Рудня-Шлягина	0,6

№	Район	Населенный пункт	Ки/км^2
89		Романов Лес	0,39
90		Рыславль	0,94
91		Рудня-Гулева	1,3
92		Ст. Село	1,1
93		Селицкое	1,2
94		Старч	0,85
95		Слобода	0,52
96		Симоновка	0,34
97		Синицыно	0,38
98		Светиловичи	0,3
99		Сивинка	0,8
100		Старое Закрутье	0,9
101		Старые Громыки	0,9
102		Столбун	0,17
103		Селядочка	0,13
104		Тарасовка	0,5
105		Тумарин	0,7
106		М. Тарасовка	0,88
107		Тана	0,68
108		Тивино	0,43
109		Усохи	0,36
110		Ухово	1,1
111		Федоровка	0,5
112		Хальч	0,5
113		Хизы	1,5
114		Чистые Пути	0,64
115		Шейки	0,6
116		Шеретин	0,8
117		Шона	0,68
118		Шедотин	0,83
119		Юрковичи	0,70
120		Яново	0,22
121		Ягодное	0,80
1	Кормянский	Антоновка	0,30
2		Александровка	0,50
3		Берестовец	0,38
4		Барсуки	0,14
5		Богдановичи	0,17
6		Буда Боровая	0,15
7		Буда Песовая	0,29
8		Боровая Глинка	0,10
9		Бакунино	0,43
10		Боровино	0,33
11		Болев	0,11
12		Буда Сверская	0,07
13		Васильевка	0,23
14		Вашковичи	0,13
15		Высокая	0,22
16		Верцовка	0,058
17		Бервены	0,60
18		Волынцы	0,15
19		Высокая	0,40
20		Выношевка	0,12
21		Вощанки	0,17
22		Вознесенск	0,13
23		Городок	0,35
24		Дубровица	0,25
25		Дуболет	0,20
26		Жданово	0,09
27		Жауница	0,52
28		Задубье	0,14
29		Золотомино	0,50
30		Зятьковичи	0,10
31		Заболоцкое	0,12
32		Енцы	0,10
33		Косельский прудок	0,19
34		Косель	0,28
35		Кураковщина	0,40
36		Колосово	0,13
37		Казимирово	0,13
38		Корсунь	0,22
39		Кляпинская Буда	0,29
40		Камоды	0,41
41		Кучин	0,10
42		Костюковка	0,60
43		Корма	0,20
44		Курганье	0,32
45		Курганица	0,15
46		Коротьки	0,22
47		Луначарский	0,10
48		Лысая Гора	0,05
49		Лебедевка	0,12
50		Лабыревка	0,40
51		Литвиновичи	0,11
52		Лужок	0,10
53		Лозовица	0,56
54		Маленик	0,11
55		Малашки	0,14
56		Михеевка	0,11
57		Моторовка	0,11

№	Район	Населенный пункт	Ки/км^2
58		Н. Млын	0,22
59		Норковщина	0,25
60		Новоселки	0,07
61		Зеньковина	0,34
62		Н. Россохи	0,25
63		Никольский	0,14
64		Остров	0,22
65		Октябрь	0,30
66		Осов	0,15
67		Октябрево	0,50
68		Петровичи	0,08
69		Парбыльники	0,10
70		Полесье	0,26
71		Россохи	0,27
72		Радец	0,38
73		Рудня	0,35
74		Ст. Зеньковина	0,23
75		Сапожки	0,60
76		Скартынь	0,25
77		Сырск	0,18
78		Селиновка	0,31
79		Слобода	0,20
80		Семеновка	0,07
81		Салобута	0,70
82		Студенец	0,20
83		Струмень	1,20
84		Труд	0,08
85		Тараховка	0,10
86		Хлевно	0,90
87		Чамышель	0,25
88		Шамалец	0,10
89		Ясень	0,36
90		Яновка	0,08
1	Добрушский	Антоновка	0,01
2		Большой Лес	0,40
3		Васильевка	0,40
4		Вылево	0,80
5		Волна	1,00
6		Дубовый Лог	0,90
7		Млынок	0,80
8		Добруш	0,28
9		Демьянки	0,36
10		Иваки	0,18
11		Иговка	0,10
12		Кр. Знамя	0,75
13		Красная Буда	0,05
14		Корма	0,75
15		Круговка	1,20
16		Леонтьево	1,00
17		Ленино	0,18
18		Морозовка	0,77
19		Марьино	0,42
20		Нов. Крупец	0,06
21		Николаевка	0,10
22		Очесо-Рудня	0,70
23		Перерост	0,20
24		Степь	0,10
25		Ст. Крупец	0,10
26		Уть	0,04
27		Уборок	0,40
28		Хорошевка	0,55
1	Ельский	Богутичи	0,15
2		Вишенки	0,10
3		Гатин	0,30
4		Городище	0,80
5		Гриши	0,30
6		Даниловка	0,30
7		Ельск	0,15
8		Забозье	0,30
9		Зеленый Бор	0,40
10		Заширье	0,10
11		Кр. Знамя	0,50
12		Кр. Пильшик	0,60
13		Козлы	0,30
14		Калиновое	0,13
15		Кочищи	0,06
16		Кузьмичи	0,33
17		Муты	0,10
18		Млынок	0,30
19		Медведное	0,15
20		Некрашевка	0,50
21		Нов. Рудня	0,30
22		Николаевка	0,08
23		Осовы	0,20
24		Половки	0,20
25		Павловка	0,05
26		Прачемышля	0,08
27		Роза Люксембург	0,20

№	Район	Населенный пункт	Ки/км^2
28		Серые	0,20
29		Словечно	0,50
30		Ст. мост	0,30
31		Скородное	0,15
32		Ст. Высокое	0,06
33		Шарин	0,80
34		Шатуны	0,10
35		Шишки	0,70
36		Чертень	0,20
1	Калинковичский	Березовка	0,35
2		Водовичи мал.	0,70
3		Вел. Автюки	0,04
4		Воротынь	0,33
5		Денисовичи	0,20
6		Замостье	0,70
7		И.-Фабиановка	0,20
8		Капличи	0,40
9		Крюковичи	0,05
10		Калинковичи	0,40
11		Крышичи	0,30
12		Клинск	0,02
13		Лиличи	0,10
14		Мутижар	0,90
15		Новоселки	0,30
16		Нахов	0,50
17		Огородники	0,15
18		Обуховщина	0,30
19		Прудок	0,25
20		Руденька	0,12
21		Слободка	0,30
22		Сельцы	0,04
23		Селище	0,10
24		Савичи	0,80
25		Торочичи	0,24
26		Ужинец	0,80
27		Хобное	0,70
28		Юровичи	0,50
1	Буда-Кошелевский	Александровка	0,43
2		Антоновка	0,15
3		Барановка	0,13
4		Боевой	1,00
5		Бурдово	0,15
6		Бурлак	1,20
7		Буда-Кошелево	0,50
8		Вел. Мох	0,49
9		Весел. Курган	0,40
10		Весел. Пахарь	0,80
11		Возрождение	0,10
12		Восход	0,30
13		Высокая Грива	0,14
14		Герой	0,70
15		Головачи	0,60
16		Дербичи	0,35
17		Долгий	0,30
18		Долина	0,20
19		Дубровка	0,10
20		Дубовица	0,40
21		Дуравичи	0,40
22		Забабье	0,02
23		Залуневье	0,30
24		Застенный	0,50
25		Зимник	0,34
26		Зорька	0,11
27		Красница	0,43
28		Красногорский	0,20
29		Кр. Лужок	0,15
30		Кр. Октябрь	0,45
31		Кулешовка	0,60
32		Лукьяновка	0,90
33		Луч	0,87
34		Лучиничи	0,20
35		Любица	0,20
36		Михалевка	0,48
37		Надеждино	0,54
38		Никольск	0,80
39		Новая Гута	0,70
40		Потаповка	0,27
41		Пытьковка	0,41
42		Семеновка	0,53
43		Славенец	0,10
44		Слободка	0,40
45		Солиановка	0,07
46		Староселье	0,30
47		Струки	0,16
48		Хмельное	0,19
49		Хорошевка	0,60
50		Чеботовичи	0,09
51		Череповка	0,45
52		Чернятин	0,14
53		Якимовка	0,20

№	Район	Населенный пункт	Ки/км^2
1	Житковический	Борки	0,02
2		Житковичи	0,06
3		Люденевичи	0,06
1	Лельчицкий	Буйновичи	0,30
2		Вязовая	0,11
3		Вороново	0,75
4		Гребени	0,20
5		Запесочное	0,50
6		Кавыжев	0,15
7		Лохница	0,30
8		Лельчицы	0,04
9		Мехач	0,04
10		Николовичи	0,03
11		Обидовичи	0,05
12		Рубеж	0,23
13		Руднище	0,06
14		Синицкое Поле	0,55
15		Симоновичи	0,10
16		Стодоличи	0,12
17		Усов	0,40
18		Хачинка	0,12
1	Рогачевский	Кистени	0,08
2		Новоселки	0,60
3		Стреньки	0,07
4		Ходосовичи	0,10
1	Лоевский	Бывальки	0,30
2		Белый Колодец	0,30
3		Буда Петрицкая	1,00
4		Вышков	0,43
5		Вышков-Бурицкое	0,60
6		Громыки	0,70
7		Колпень	0,10
8		Лоев	0,30
9		Малиновка	0,50
10		Михалевка	0,60
11		Рудня-Удалевская	0,30
12		Ручаевка	0,60
13		Скиток	0,09
14		Уборок	0,30

№	Район	Населенный пункт	Ки/км^2
1	Чечерский	Алеасеевка	0,34
2		Бобровский	0,15
3		Будице	0,20
4		Болтово	1,10
5		Брилево	0,10
6		Волосовичи	0,03
7		Высокая Грива	0,25
8		Восход	0,40
9		Городовка	0,10
10		Дубок	0,25
11		Дубровка	1,20
12		Дружбичи	0,15
13		Дудачская Рудня	0,00
14		Дудачи	0,80
15		Загорье	0,20
16		Залавье	0,20
17		Заручье	0,15
18		Ивановка	0,30
19		Крутое	0,70
20		Кураки	0,12
21		Кораблище	0,18
22		Красный	0,7
23		Канавы	1,0
24		Лукомские поплавы	0,62
25		Лесная Поляна	1,0
26		Медвежье	0,55
27		Михайловский	0,45
28		Мотневичи	0,06
29		Науховичи	0,3
30		Никольск	0,14
31		Нов. Холочье	0,5
32		Нов. Залесье	0,1
33		Нов. Захарполье	0,09
34		Осиновка	0,15
35		Отор	0,5
36		Осиновская Гута	0,15
37		Подигрушка	0,15
38		Подосовье	0,26
39		Передовик	0,06
40		Пролетарский	0,5
41		Поскубовка	0,7
42		Поплавы	0,7
43		Раков Лог	0,27
44		Репище	0,12
45		Ровковичи	0,3
46		Салтановка	0,2

№	Район	Населенный пункт	Ки/км^2
47		Слободка	0,34
48		Самсоновка	0,6
49		Ср. Малыничи	0,5
50		Себровичи	0,8
51		Светлая Роща	0,12
52		Сойки	0,6
53		Холочье	0,6
54		Чечерск	0,7
55		Шепотовичи	0,3
56		Юный	0,16
57		Яцковщина	0,07
1	Жлобинский	Антоновка	0,14
2		Бобовка	0,22
3		Белица	0,25
4		Дубровка	0,2
5		Жлобин	0,1
6		Кабановка	0,06
7		Луки	0,06
8		Липа	0,5
9		Нов. Марковичи	0,07
10		Папоротное	0,1
11		Ректа	0,1
12		Ст. Рудня	0,2
13		Стрешин	0,3
14		Цупер	0,1
15		Цупер	0,1
16		Щедрин	0,02
1	Петриковский	Бринев	0,06
2		Велавск	0,15
3		Грабов	0,05
4		Коржевка	0,06
5		Копаткевичи	0,11
6		Копцевичи	0,11
7		Петриков	0,06
8		Снядин	1,0
1	Речицкий	Вышемир	0,3
2		Василево	0,25
3		Заспа	0,55
4		Короватичи	0,35
5		Крынки	0,2
6		Лиски	0,15
7		Макановичи	0,35
8		Малодуша	0,45
9		Нов. Барсук	0,8
10		Озерщина	0,16
11		Речица	0,25
12		Свиридовичи	0,24
1	Мозырский	Барбаров	0,4
2		Березовка	0,1
3		Лубня	0,18
4		Михалки	0,24
5		Мозырск	0,14
6		Ниж. Мозырск	0,45

Данные согласованы с АН БССР и Агропромом БССР.

ДАННЫЕ О ЗАГРЯЗНЕНИИ ТЕРРИТОРИИ БССР СТРОНЦИЕМ-90

(Strontium-90)

МОГИЛЕВСКАЯ ОБЛАСТЬ (MOGILEV)

№	Район	Населенный пункт	Ки/км^2
1	Славгородский	Березовка	0,02
2		Барсуковка	0,04
3		Безуевичи	0,11
4		Большая Зимница	0,02
5		Бохань	0,43
6		Восход	0,15
7		Васьковичи	0,17
8		Гиженка	0,07
9		Гайшин	0,20
10		Гончаровка	0,15
11		Добрянка	0,21
12		Железинка	0,05
13		Завод Вировая	0,13
14		Кульшичи	0,15
15		Кремянка	0,32
16		Куликовка 1	0,40
17		Куликовка 2	0,45
18		Красная Слобода	0,12
19		Курганы-Рябиновка	0,11
20		Лебедевка	0,25
21		Михайлов	0,20
22		Нов. Каменка	0,19
23		Поповка	0,24
24		Ржавка 2	0,10
25		Рудня	0,43
26		Роги	0,17
27		Ректа	0,16
28		Серковка	0,05
29		г. Славгород	0,17
30		Силино Поле	0,10
31		Свенск	0,20
32		Телеши	0,15
33		Труд	0,06
34		Тереховка	0,20
35		Уречье 1	0,40
36		Уречье 2	0,27
37		Ходорово	0,79
38		Чечеровка	0,18
39		Шеломы	0,18
40		Ясеновец	0,2

№	Район	Населенный пункт	Ки/км^2
1	Краснопольский	Антоновка	0,25
2		Березняки 1	0,45
3		Высокий Борок	1,2
4		Выдренка	0,23
5		Гослев	0,05
6		Готовец	0,82
7		Граковка	0,20
8		Горки	0,13
9		Дубровка	0,68
10		Драгомилово	0,43
11		Желижье	0,35
12		Заводок	0,6
13		Заречье	0,95
14		Князевка	0,1
15		Краснополье	0,1
16		Корма Долгая	0,2
17		Корма Пайки	0,8
18		Лосинка	0,4
19		Мхиничи	0,67
20		Марьина Буда	0,46
21		Мал. Осов	0,7
22		Медведовка	0,7
23		Мал. Хутор	0,1
24		Мануйлы	0,52
25		Новый Свет	0,15
26		Непобедимый	0,5
27		Новоельня	1,4
28		Осиновый	0,17
29		Палуж 2	0,25
30		Поджелезница	0,2
31		Какойск	0,24
32		Победа	0,2
33		Петровичи	0,27
34		Росомаха 1	0,16
35		Росомаха 2	0,35
36		Репище	0,48
37		Радилево	0,43
38		Сосновича 1	0,32
39		Соболи	0,26
40		Ст. Буда	0,63

№	Район	Населенный пункт	Ки/км^2
41		Турейск	0,16
42		Топкое	0,32
43		Хатыжин	0,5
44		Широкоувелье	0,38
45		Шелуховка	0,31
46		Якушовка	0,54
1	Чериковский	Бакуновичи	0,71
2		Боровая	0,15
3		Веремейки	0,17
4		Веприн	0,56
5		Езеры	0,10
6		Глинь	0,40
7		Дубровка	0,60
8		Драгунские Хутора	0,27
9		Кожемякино	0,50
10		Комаровичи	0,70
11		Клины	0,52
12		Каменка	0,18
13		Лобановка	0,07
14		Малиновка	0,90
15		Монастырек	0,93
16		Михайловка	0,16
17		Осовец	0,60
18		Пильня	0,02
19		Рогалино	0,10
20		Ушаки	0,25
21		Чериков	0,10
22		Чудяны	0,80
1	Костюковичский	Бороньки	0,13
2		Боровня	0,3
3		Братьковичи	0,4
4		Ветухна	0,6
5		Видуйцы	0,58
6		Вировка	0,64
7		Вишни	0,24
8		Вороновка	0,5
9		Вишеньки	0,3
10		Гайковка	0,84
11		Гутка	0,24
12		Дережня	0,7
13		Дубровка	0,57
14		Журбин	0,07
15		Забычанье	0,04
16		Киселевка	0,54
17		Красномосковский	0,44
18		Костюковичи	0,01
19		Кавычецы	0,12
20		Крупня	0,1
21		Красная Заря	0,1
22		Кривая Нива	0,33
23		Клетки	0,4
24		Колодезская	0,41
25		Красница	1,11
26		Люблин	0,18
27		Меловка	0,2
28		Мамоновка	0,3
29		Мокрое	0,8
30		Морозовка	0,36
31		Норкино	0,19
32		Носетская	0,13
33		Озерец	0,80
34		Осов	0,42
35		Островок	0,34
36		Поломка	0,08
37		Прудок	0,46
38		Провиденец	0,43
39		Папоротное	0,35
40		Печенеж	0,33
41		Рвенск	0,40
42		Россохи	0,15
43		Скамен	0,77
44		Самотевичи	0,80
45		Студенец	0,10
46		Силичи	0,17
47		Сельхозхимия	1,35
48		Тарасовка	0,44
49		д. Хотимск	0,55
50		м. Хотимск	0,57
51		Читовичи	0,50
1	Климовический	Александровка	0,27
2		Городок	0,20
3		Замошенье	0,20
4		Зеленый Клин	0,08
5		Климовичи	0,12
6		Нов. Жарки	0,13
7		Подьелье	0,04
8		Сивиничи	0,47
9		Старые Жарки	0,13

№	Район	Населенный пункт	Ки/км^2
1	Кричевский	Ботвиновка	0,12
2		Ивановка	0,14
3		Кричев	0,10
4		Луты	0,06
5		Красная Буда	0,03
6		Хотиловичи	0,17
1	Хотимский	Хотимск	0,03
1	Быховский	Александров	0,37
2		Искань	0,08
3		Никоновичи	0,04
4		Обидовичи	0,02
1	Чаусский	Грязивец	0,03
2		Кузьминичи	0,05
3		Рыминка	0,04
4		Чаусы	0,02

Данные согласованы с АН БССР и Агропромом БССР.

ДАННЫЕ О ЗАГРЯЗНЕНИИ ТЕРРИТОРИИ РСФРС ЦЕЗИЕМ-137 (Ки/км^2)

(Caesium-137)

БРЯНСКАЯ ОБЛАСТЬ (BRYANSK)

№	Район (Region)	Сельсовет (Village)	Нас. пункт (Location)	Проб. (Sample)	Средн. (Average)
1	Обл. подчинения		Дятьково	11	1,00
2			Клинцы	12	2,20
3			Новозыбков	15	16,23
4	Гордеевский	Гордеевский	Васильевка	11	9,53
5			Великий Бор	11	7,0
6			Гордеевка	20	25,00
7			Дальний Клин	11	10,00
8			Зеленый Клин	16	9,23
9			Новый Великий Бор	11	10,16
10			Поконь	11	11,07
11			Смелый	11	11,56
12		Заводо-Корецкий	Жовнец	10	7,78
13			Заводо-Корецкий	12	8,93
14			Медведовка	15	10,90
15			Муравинка	10	10,35
16			Чиховка	11	12,92
17			Шамры	10	9,00
18		Казаричский	Белица	7	3,33
19			Даниловка	8	4,68
20			Дубровка	6	4,10
21			Казаричи	8	5,12
22			Марс	7	3,59
23			Станок	7	3,32
24			Федоровка	8	2,40
25			Черный Ручей	12	7,75
26		Кожановский	Безбожник	13	22,32
27			Дягов	13	20,10
28			Ермаки	11	14,66
29			Зайцево	11	19,11
30			Засечный	10	18,43
31			Кожаны	14	41,00
32		Петровобудский	Криштопов Ручей	16	28,98
33			Малоудебное	15	20,44
34			Осов	16	13,65
35			Перетин	17	17,18
36			Петрова-Буда	15	15,75
37			Революционный Свет	17	18,48
38		Рудневоробьевский	Новоновицкое	15	21,33
39			Поповка	15	22,35
40			Рудня-Воробьевка	14	19,14
41			Староновицкое	15	24,32
42			Ширяевка	15	27,49
43		Смяльчский	Владимировка	17	23,21
44			Залиповье	20	20,69
45			Новый Свет	12	16,68
46			Смяльч	15	17,18
47			Сугродовка	18	18,81
48		Старополонский	Дмитриевка	12	4,92
49			Дубровное	10	13,36
50			Зеленый Рог	9	9,20
51			Нежча	8	5,49
52			Петроковка	8	7,66
53			Старая Полона	10	6,31
54			Удел	7	7,29
55		Струговобудский	Алес	7	1,53
56			Белица	7	1,92
57			Березина	10	10,55
58			Глинное	10	4,51
59			Займище	10	5,51
60			Ивановка	7	1,37
61			Колыбели	10	11,14
62			Красный Борец	10	13,89
63			Новоселье	10	11,40
64			Стругова Буда	9	8,96
65			Струговка	8	8,12
66		Творишинский	Горовой	11	16,80
67			Ипуть	10	10,08
68			Крещенский	12	11,91
69			Михайловка	14	16,87
70			Никитовка	11	8,28
71			Соколки	10	8,84
72			Степана Разина	13	20,62
73			Творишино	13	14,39
74		Уношевский	Антоновка	14	20,78
75			Голынщина	8	15,89
76			Паломы-Сукрым	10	27,28
77			Покровка	12	21,07
78			Роговец	9	28,81
79			Уношево	12	12,29
80			Федоровка	12	12,67

№	Район (Region)	Сельсовет (Village)	Нас. пункт (Location)	Проб. (Sample)	Средн. (Average)
81			Хармынка	13	17,69
82			Черетовка	10	6,90
83		Ямновский	Алисовка	10	12,20
84			Андреевка	9	7,68
85			Кузнецы	11	10,77
86			Лозовка	9	5,29
87			Ямное	10	6,22
88	Дятьковский	Большежуковский	Большая Жуковка	6	0,84
89			Любыш	6	1,06
90			Малая Жуковка	6	0,80
91			Романовка	6	1,24
92			Хизовка	6	2,11
93		Псурский	Верещевка	7	2,37
94			Ольшаница	7	3,64
95			Псурь	7	4,68
96			Ж/д. ст. Верещевка	6	0,89
97			Псурский	6	3,25
98	Злынковский	Районного подчин.	Злынка	16	26,79
99			Вышков	16	34,71
100		Большещербиничский	Большие Щербиничи	14	13,16
101			Вилы	12	12,35
102			Гребельки	9	10,11
103			Добрынь	9	11,10
104			Еловка	9	11,55
105			Зеленая Роща	13	11,41
106			Малые Щербиничи	14	9,56
107			Петрятинка	10	8,02
108			Свисток	8	13,22
109			Шурубовка	11	9,33
110			Чумаки	7	10,13
111		Карпиловский	Андреевка	7	13,10
112			Вишенки	14	11,18
113			Карпиловка	15	11,78
114			Красный Октябрь	7	13,10
115			Новолюбин	9	8,95
116			Озерище	16	14,60
117			Петровка	18	18,09
118			Сосновый Бор	14	11,44
119		Денисковичский	Денисковичи	16	16,33
120			Колодецкий	14	15,31
121			Лысые	16	14,16
122			Нетеша	14	13,42
123			Федоровка	15	12,33
124		Добродеевский	Добродеевка	21	28,68
125			Заречье	13	40,26
126			Камень	11	37,77
127			Красные Орлы	9	28,67
128			Красный Камень	11	32,33
129			Любин	14	24,99
130			Медвежье	16	34,64
131			Санько́во	11	46,53
132			Советский Лог	14	38,49
133			Чехов	13	41,75
134		Кожановский	Барановка	8	2,73
135			Кожановка	9	1,72
136			Серовка	7	0,61
137		Роговский	Вербовка	7	6,55
138			Добрынька	8	14,14
139			Новобежков	9	5,39
140			Рогов	13	7,32
141			Софиевка	13	17,06
142			Стрела	9	6,82
143		Спиридоновобудский	Азаричи	8	2,56
144			Спиридонова Буда	15	11,04
145	Климовский	Районного подчин.	Климово	10	10,04
146		Брахловский	Брахлов	6	4,61
147			Горки	6	3,93
148			Куничев	6	4,21
149			Любечане	6	3,43
150			Манев	6	2,28
151			Октябрь	6	4,35
152			Оптени	6	2,89
153			Соловской	6	4,99
154			Тымайловка	6	4,18
155		Вишневский	Вишневый	6	5,89
156			Курганы	6	9,57
157			Михайловка	6	0,47
158			Янковское	6	1,07
159		Воробьевский	Важица	11	15,61
160			Воробьевка	7	6,60
161			Глубочка	10	14,20
162			Грецковка	10	8,92
163			Гуков	8	7,51
164			Добрынь	9	8,45
165			Корытенко	8	7,53
166			Ломанка	10	13,32
167			Новосергеевка	12	12,49
168			Ольховка	8	8,32
169			Павловка	8	5,40
170			Холуповка	10	9,46

№	Район (Region)	Сельсовет (Village)	Нас. пункт (Location)	Проб. (Sample)	Средн. (Average)
171		Гетманобудский	Гетманская Буда	9	5,55
172			Крапивна	6	5,64
173		Истопский	Истопки	6	3,81
174			Засновье	6	5,24
175			Карнатное	6	4,80
176			Лужи	6	4,10
177			Первомайский	6	6,17
178			Петровский	6	5,24
179			Шамовка	6	4,39
180		Каменский	Плавна	6	7,90
181			Бурный	6	4,02
182			Крушинник	6	5,68
183			Курозново	6	5,40
184			Май	6	4,01
185			Пруска	7	6,62
186			Рудня	6	8,25
187			Чернятино	6	11,80
188			Честный	6	3,77
189			Каменка	6	4,06
190		Каменскохуторской	Каменский Хутор	6	6,27
191			Луговой	6	4,82
192			Красный Бор	6	5,28
193			Красный Став	6	4,05
194			Скачок	6	3,40
195			Уборки	6	1,62
196		Кирриловский	Березовка	6	2,19
197			Боровка	6	1,72
198			Кирилловка	6	0,39
199			Новокирилловка	6	1,36
200			Шумиловка	7	6,59
201		Куршановичский	Куршановичи	7	10,39
202			Ольховка	6	6,36
203			Соловьевка	6	10,96
204			Старый Городок	6	5,50
205			Ясеновка	6	7,06
206			Дубрава	6	6,55
207		Лакомобудский	Лакомая Буда	7	10,93
208			Лужки	7	9,34
209			Побожеевка	6	10,25
210		Лобановский	Лобановка	6	6,19
211			Могилевцы	6	7,05
212			Плужин	6	4,60
213		Митьковский	Передовик	6	5,71
214			Черная Криница	6	10,92
215			Хохловка	6	12,10
216		Новоропский	Ирпа	6	4,80
217			ж/д. ст. Новоропск	6	4,74
218			Новоропская ПМК	6	4,25
219			Новый Ропск	6	3,83
220			Рубеж	6	3,42
221			Старый Ропск	6	4,42
222		Новоюрковичский	Вербовый Выгор	6	0,17
223			Гладкий	6	0,15
224			Круча	6	0,72
225			Новые Юрковичи	6	0,18
226			Новый Свет	6	0,25
227			Светлый	6	0,20
228			Синявка	6	0,12
229			Черноземный Городок	6	0,14
230			Жеведа	6	0,16
231		Сачковичский	Великие Пожни	6	7,29
232			Добречка	6	4,22
233			Дохновы	6	4,51
234			Сачковичи	6	8,40
235			Городище	6	7,00
236			Содок	6	5,57
237		Староюрковичский	Зеленый Гай	6	0,61
238			Зеленый Кут	6	4,16
239			Ивановка	6	2,31
240			Рудня Цата	7	3,55
241			Рябиновка	6	0,42
242			Старые Юрковичи	6	2,15
243		Сушановский	Бровничи	6	3,74
244			Красные Ляды	6	5,17
245			Малинник	6	4,49
246			Погары	6	3,85
247			Прогресс	6	3,81
248			Сушаны	6	3,19
249			Шелковский	6	3,00
250			Рясенка	6	6,52
251		Сытобудский	Великогайский	6	4,67
252			Рубежное	7	7,70
253			Сытая Буда	6	10,05
254		Хороменский	Красное	6	0,19
255			Раковка	1	0,20
256			Хоромное	6	0,34
257			Корябин	6	0,15
258		Чернооковский	Чернооково	6	4,11
259			Бабки	6	6,04

№	Район (Region)	Сельсовет (Village)	Нас. пункт (Location)	Проб. (Sample)	Средн. (Average)
260			Полхов	6	3,47
261		Чолховский	Борьба	6	9,90
262			Быстра	7	4,95
263			Вага	7	4,85
264			Марковщина	7	6,42
265			Новополье	6	5,70
266			Фоевичи	9	7,53
267			Челхов	9	6,00
268			Стрела	6	8,77
269		Чуровичский	Чуровичи	7	8,13
270			Бугровка	7	8,95
271			Вознесенск	6	7,11
272			Ново-Варин	7	8,09
273			Перекоп	6	13,54
274			Петрова Гута	6	0,90
275			Ягодное	6	2,88
276			Хороменские Хутора	6	0,42
277		Климовский поссовет	Покровское	6	13,69
278			Климово	6	9,70
279	Клинцовский	Ардонский	Ардонь	7	1,55
280			Ивановка	7	3,70
281			Любвин	7	3,90
282		Великотопальский	Великая Топаль	8	9,07
283			Дровосеки	7	7,10
284			Дубрава	7	5,45
285			Засновье	7	7,75
286			Киров	8	8,32
287			Красная Лоза	7	6,00
288			Красный Клин	8	6,50
289			Красный Мост	7	10,05
290			Красный	7	7,35
291			Круглое	7	5,35
292			Малая Топаль	8	5,46
293			Поляна	7	4,85
294		Гулевский	Вольница-1	7	8,00
295			Вольница-2	8	10,53
296			Гастенка	13	12,16
297			Гулевка	7	8,38
298			Калинина	7	9,70
299			Каменка	8	23,87
300			Каменуха	8	10,63
301			Красное Заречье	7	9,20
302			Красный Мост	10	12,38
303			Морозовщина	9	9,70
304			Особцы	9	8,39
305			Первомайский	8	8,30
306			Роща	7	7,75
307			Сосновый	8	11,57
308			Станилов	10	11,14
309			Туросна	11	10,92
310		Гутокорецкий	Андреевка-Пичевая	7	10,35
311			Буян	7	12,40
312			Ганновка	7	14,50
313			Гута-Корецкая	9	13,87
314			Заречье	8	8,47
315			Земница	10	12,22
316			Знание	3	13,00
317			Кожухово	7	16,25
318			Лядовка	7	12,65
319			Новая Андреевка	12	13,90
320			Новый Рассвет	12	17,03
321			Прохоровка	7	20,00
322			Сазоновка	7	10,75
323			Торфопредприятие Ректа	7	9,20
324			Унеча	14	15,68
325			Фанзоновщина	8	15,16
326		Душкинский	Видочка	6	1,90
327			Душкино	8	4,74
328			Запорожец	7	4,30
329			Кирковка	7	6,25
330			Медведево	8	7,38
331			Пчела	6	1,60
332			Стражев	7	1,90
333		Киваевский	Бутовск	8	8,67
334			Киваи	9	9,10
335			Кневичи	7	4,70
336			Красный Пахарь	7	8,40
337			Оболешево	7	5,90
338			Побережье	7	7,35
339		Коржовоголубовский	Волна	7	0,55
40			Вьюнка	7	1,90
341			Коржовка-Голубовка	7	2,00
342			Красная Заря	7	1,82
343			Лукьяновка	7	1,75
344			Мизиричи (психоинт.)	7	1,80
345			п. Вьюнка	7	1,55
346			Робчик	7	0,50
347			Сухопаровка	7	2,20

№	Район (Region)	Сельсовет (Village)	Нас. пункт (Location)	Проб. (Sample)	Средн. (Average)
348		Лопатенский	Лопатни	9	6,55
349			Маковье	7	6,80
350		Мартьяновский	Авсеенково	8	2,03
351			Кабановка	7	3,15
352			Калинин	7	4,70
353			Ляды	7	6,10
354			Марьтьяновка	8	2,60
355			Окоп	6	3,70
356			Раскоса	7	6,80
357			Рощин	6	5,40
358			Сергеевка	6	4,90
359			Смотрова-Буда	8	6,03
360			Якубовка	9	3,00
361		Ольховский	Ольховка	14	9,03
362			Тулуковщина	13	8,58
363			Туренев	8	8,38
364		Павличский	Зараманье	7	0,95
365			Павличи	7	1,35
366			Сурецкий Муравей	7	1,55
367		Первомайский	Ивановщина	7	6,80
368			Клубничный	9	12,46
369			Первое Мая	8	8,00
370			Рудня Голубовка	11	10,14
371			Теремошка	12	13,63
372			Токаревщина	7	4,95
373		Песчанский	Березовка	9	5,15
374			Песчанка	7	2,75
375			Суббовичи	7	2,10
376		Рожновский	Веприн	16	26,48
377			Голота	13	16,88
378			Горелая Сосна	8	21,03
379			Дробница	10	23,22
380			Красный Луч	11	28,65
381			Кузнец	18	23,79
382			Лесновка	12	16,64
383			Новый Мир	11	22,82
384			Поплавы	12	14,44
385			Рожны	17	10,76
386			Старая Комаровка	8	14,77
387			Улетовка	13	29,10
388			Чахов	12	27,66
389			Ягодка	8	19,83
390		Смолевичский	Белая Криница	7	1,85
391			Близна	7	3,85
392			Борки	7	1,94
393			Меляковка	7	4,05
394			Смолевичи	9	2,87
395			Чемерна	9	3,10
396		Сосновский	Воровского	7	1,25
397			Гроза	6	0,40
398			Заря	7	2,80
399			Затишье	7	1,60
400			Кожушье	7	1,90
401			Новоельнинский	6	0,60
402			Павловский	6	0,95
403			Рудня Тереховка	7	1,65
404			Свердлов	6	0,60
405			Свобода	6	0,40
406			Сосновка	7	1,55
407		Ущерпский	Борозенщина	12	12,41
408			Веселая Роща	10	15,64
409			Кипень Рожновский	13	17,08
410			Кипень Ущерпский	13	18,84
411			Колпины	14	19,46
412			Корьма	11	14,67
413			Красная Криница	11	14,92
414			Новая Комаровка	12	15,51
415			Новая Речица	11	18,18
416			Писаревка	13	18,42
417			Свисток	12	16,89
418			Ущерпье	18	18,00
419	Красногорский	Районного подчин.	Красная Гора	15	6,23
420			Мирный	15	33,28
421		Батуровский	Батуровка	11	24,81
422			Высокий Бор	7	15,45
423			Дубенец	16	15,61
424			Краснодубровск	11	11,17
425			Крыловка	8	26,34
426			Новопавловка	11	17,40
427		Верхличский	Верхличи	8	2,93
428			Столбунка	9	23,75
429			Яминец	12	12,26
430		Заборский	Борки	12	70,61
431			Буковец	12	76,75
432			Гущи	11	48,49
433			Долгое	9	45,96
434			Заборье	17	68,18
435			Ковали	12	81,14
436			Озерщина	9	50,28
437			Прохоренки	9	74,35

№	Район (Region)	Сельсовет (Village)	Нас. пункт (Location)	Проб. (Sample)	Средн. (Average)
438			Тугани	15	60,23
439		Колюдовский	Буда	6	3,20
440			Даниловка	6	4,30
441			Ивановка	6	2,00
442			Калинин	6	3,50
443			Каменка	6	2,80
444			Колюды	8	3,30
445			Краснопавловка	6	1,80
446			Непобедимый	6	2,40
447			Новоковалевка	6	2,00
448			Обруб	7	2,25
449			Прудки	6	5,70
450		Кургановский	Березовка	15	31,91
451			Криничное	14	9,85
452			Кургановка	13	4,69
453			Кустовка	11	2,18
454			Малиновка	8	7,62
455			Михалевка	10	27,38
456			Николаевка	31	50,70
457			Новоалександровка	16	48,21
458			Новомихалевка	17	22,89
459			Рубаны	13	20,02
460			Ямище	13	59,81
461		Летяховский	Красный Городок	7	1,45
462			Летяхи	7	3,25
463		Лотаковский	Ермолинка	7	4,95
464			Залесье	7	4,85
465			Заречье	7	4,60
466			Ивановка	7	8,05
467			Кибирщина	7	7,50
468			Лотаки	7	5,20
469		Любовшанский	Кашковка	7	3,40
470			Любовшо	8	3,57
471		Макаричский	Дубовец	7	4,60
472			Макаричи	7	13,82
473			Палужская Рудня	7	6,05
474		Медведевский	Александровский	11	14,11
475			Вяжновка	13	13,75
476			Малев	11	18,84
477			Медведи	17	11,91
478			Новая Жизнь	9	14,52
479			Новодрожжинск	14	27,19
480		Морозовский	Александровка	13	41,03
481			Гасанова Слобода	9	5,50
482			Комары	9	3,53

№	Район (Region)	Сельсовет (Village)	Нас. пункт (Location)	Проб. (Sample)	Средн. (Average)
483			Козловка	9	4,43
484			Ларневск	11	5,90
485			Морозовка	11	6,93
486			Никольск	11	3,83
487			Тислянки	9	4,00
488			Чиграй	15	28,53
489		Перелазский	Ковалевка	6	3,20
490			Перелазы	8	2,93
491			Сеятель	6	7,20
492		Селецкий	Великоудебное	13	16,94
493			Поляны	10	6,83
494			Селец	11	14,72
495		Увельский	Байлуки	12	20,91
496			Барсуки	16	22,62
497			Городок	13	13,30
498			Заозерье	11	25,66
499			Лесной	14	23,94
500			Подславушка	12	19,60
501			Увелье	17	28,61
502			Устье	7	24,35
503		Фошнянский	Боровка	6	1,70
504			Деньгубовка	7	6,70
505			Дубрежка	7	4,75
506			Зеленая Дубровка	7	8,85
507			Красная Пересвица	7	7,40
508			Красное	6	5,20
509			Красный Камень	8	13,47
510			Новодубровка	8	7,90
511			Труд	11	4,10
512			Фошное	7	3,90
513		Яловский	Городечня	13	11,50
514			Яловка	16	46,61
515		Красногорский	Даниловка	9	5,79
516		Посс.	Завалище	7	2,74
517			Новая Москва	9	6,35
518			Щедрин	9	3,43
519	Новозыбковский	Верещакский	Верещаки	16	17,03
520			Грозный	11	23,13
521			Махоновка	11	14,62
522			Несвоевка	13	15,28
523			Рассадники	11	27,42
524			Триголов	11	16,19
525		Внуковичский	Борщевка	10	20,90
526			Внуковичи	13	14,55
527			Дедовский	11	16,71

№	Район (Region)	Сельсовет (Village)	Нас. пункт (Location)	Проб. (Sample)	Средн. (Average)
528			Калиновка	14	15,53
529			Клюков Мох	11	22,58
530			Красная Заря	13	28,50
531			Любин	8	13,01
532			Пеньки	13	13,37
533			Синий Колодец	14	14,48
534			Синявка-1	13	13,89
535		Деменский	Барки	12	26,30
536			Вертебы	9	22,22
537			Воронова Гута	11	8,20
538			Гремучка	10	28,81
539			Гута	14	30,22
540			Деменка	14	28,32
541			Калинин	9	31,05
542			Кривой Сад	11	31,65
543			Муравинка	12	28,78
544			Орел	12	41,28
545			Павловка	12	27,61
546			Перевоз	12	28,20
547			Рудня	9	23,65
548			Савичка	11	26,34
549			Свидерки	10	24,14
550			Сенное	11	33,19
551			Столпенко	12	42,55
552			Филиал ВИУА	9	31,71
553			Хутор Дармоедов	6	24,80
554			Поселок им.Калинина	6	27,40
555			Косматая Гора	6	30,03
556		Замишевский	Величка	17	17,48
557			Дружба	11	17,19
558			Замишево	16	16,19
559			Крутоберезка	16	13,41
560			Мамай	14	17,21
561			Тростань	14	14,51
562			Шитиков Лог	16	13,40
563			Горянск	6	20,02
564		Каташинский	Каташин	14	9,70
565			Красный Гай	10	10,72
566			Курганье	10	6,70
567		Катичский	Вихолка	12	19,65
568			Журавка	12	20,94
569			Катичи	12	14,89
570			Корчи	12	15,68
571			Михайловка	8	17,20
572			Новые Катичи	11	15,01

№	Район (Region)	Сельсовет (Village)	Нас. пункт (Location)	Проб. (Sample)	Средн. (Average)
573		Манюковский	Белый Колодец	18	12,79
574			Борок	9	11,57
575			Заверша	7	13,15
576			Злотницкий	16	9,64
577			Красная Московщина	13	9,98
578			Красный Остров	9	7,62
579			Манюки	10	10,56
580			Манюки ж/д. ст.	6	8,60
581			Писарка	12	14,77
582			Савкин Хутор	6	13,30
583			Подрузный	7	13,00
584			Уступы	6	9,81
585		Новобобовичский	Борец	9	37,29
586			Новые Бобовичи	18	25,78
587			Победа	9	19,30
588			Подлесье	9	24,19
589		Новоместский	Белимовка	9	21,59
590			Борок	10	42,52
591			Глыбочка	10	42,76
592			Граница	7	32,90
593			Дыбовка	8	16,06
594			Карна	11	26,96
595			Макусы-1	9	28,53
596			Макусы-2	8	23,69
597			Мошок	9	37,81
598			Новая Деревня	8	32,67
599			Новое Место	18	26,19
600			Озерище	7	20,10
601			Селицкое	8	24,51
602			Шеломы	14	20,43
603		Святский	Бабаки	11	57,60
604			Новоалексеевка	7	61,70
605			Святск	17	47,64
606		Сновский	Великие Ляды	11	22,95
607			Данченкова Слобода	11	9,59
608			Дубровка	16	19,97
609			Заречье	11	9,78
610			Новые Файки	12	15,81
611			Паломы	11	23,33
612			Сновское	16	10,77
613		Старобобовичский	Булдынка	11	21,95
614			Гатка	9	22,22
615			Гривка	11	24,65
616			Старые Бобовичи	13	26,58
617			Ясная Поляна	11	27,46

№	Район (Region)	Сельсовет (Village)	Нас. пункт (Location)	Проб. (Sample)	Средн. (Average)
618			Подипуть	7	43,48
619		Старовышковский	Гривка	9	30,87
620			Колодезский	13	30,32
621			Курганье	11	19,48
622			Прудовка	11	33,28
623			Старый Вышков	13	35,19
624			Горка	7	20,73
625		Старокривецкий	Александровка	8	11,40
626			Дягель	8	7,18
627			Замлынье	6	8,00
628			Засновье	7	13,35
629			Малый Кривец	9	9,90
630			Отрадное	9	5,71
631			Скоробогатая Слобода	10	8,78
632			Старый Кривец	8	6,81
633		Старорудняский	Машкинский	11	23,23
634			Полек	9	19,25
635			Синявка-2	14	17,22
636			Старая Рудня	12	16,93
637			Халевичи	12	26,65
638			Ягодное	12	32,35
639	Стародубский	Районного подчин.	Стародуб	6	1,90
640		Алейниковский	Алейниково	6	2,76
641			Ламаковка	6	2,97
642			Стратива	6	2,70
643		Воронокский	Васильевка	6	2,40
644			Воронок	6	1,38
645			Лужки	6	3,61
646		Дохновичский	Дохновичи	6	2,35
647			Забава	6	1,44
648			Иванчиковский	6	1,80
649			Суходолье	6	2,56
650		Елионский	Елионка	6	4,16
651			Елеоночка	6	2,69
652			Солова	6	4,25
653		Занковский	Березовка	6	1,54
654			Занковка	6	2,00
655			Малышкино	6	4,97
656			Красный	6	2,75
657			Плоцкое	6	3,37
658			Соколовка	6	4,02

№	Район (Region)	Сельсовет (Village)	Нас. пункт (Location)	Проб. (Sample)	Средн. (Average)
659		Запольско-Халеевич	Запольские Халеевичи	6	1,94
660			Литовск	6	3,63
661			Селище	6	0,22
662			Старые Халеевичи	6	3,47
663			Ярцево	6	2,89
664		Каменский	Камень	6	4,36
665			Крюков	6	3,35
666			Логоватое	6	3,71
667			Чубковичи	6	3,26
668		Картушинский	Картушино	6	0,62
669			Ковалевщина	6	1,81
670			Красный Дуб	6	1,90
671			Обуховка	6	2,38
672			Таврика	6	1,81
673		Краснооктябрьский	Десятуха	6	0,69
674			Кирпичики	6	1,15
675			Невструево	6	0,73
676			Горислово	6	0,97
677		Мишковский	Мишковка	6	1,47
678			Мирный	6	1,90
679			Стодолы	6	1,55
680			Тарасовка	6	2,78
681			Хомутовка	6	2,38
682		Мохоновский	Мадеевка	6	1,89
683			Остроглядово	6	1,53
684			Сергеевск	6	1,19
685			Прокоповка	6	2,84
686			Рябцево	6	1,46
687		Нижневский	Белоусов	6	3,99
688			Березовка	6	5,52
689			Истровка	6	6,15
690			Криницы	6	6,66
691			Нижнее	6	7,52
692			Ойстрица	6	8,81
693		Новомлынский	Буда Корецкая	6	2,01
694			Новомлынка	6	2,83
695			Озерное	6	1,77
696			Приваловка	6	2,54
697		Понуровский	Буда Понуровская	6	2,24
698		Пятовский	Днепровка	6	0,90
699			Осколково	6	1,06
700			Пятовск	6	0,85

ДАННЫЕ О ЗАГРЯЗНЕНИИ ТЕРРИТОРИИ РСФСР ЦЕЗИЕМ-137 (Ки/км^2)

(Caesium-137)

КАЛУЖСКАЯ ОБЛАСТЬ (KALUGA)

№	Район (Region)	Сельсовет (Village)	Нас. пункт (Location)	Проб. (Sample)	Средн. (Average)
1	Обл. подчинения		Людиново	10	2,05
2	Думиничский	Хотьковский	Хотьково	7	2,36
3			Клинцы	6	2,39
4		Чернышевский	Чернышево	6	0,87
5	Жиздринский	Районного подчин.	Жиздра	9	2,35
6		Кореневский	Дубровка	7	2,62
7			Коренево	6	3,60
8			Улемль	7	3,78
9			Болвинское лес-во	6	9,86
10			Иночка	6	2,98
11			Кресты	6	2,87
12			Рассветы	6	3,68
13		Овсорокский	Овсорок	6	2,55
14			Судимир	7	4,36
15			Таборы	7	3,25
16		Огорский	Березовка	7	1,66
17			Гололобовка	7	1,48
18			Митинка	7	1,50
19		Петровский	Зикеево	9	2,61
20			Фомин	9	2,39
21			Петровка	6	1,93
22			Студенец	6	0,97
23		Полюдовский	Полюдово	7	1,48
24			Белые Ямы	6	6,29
25			Гранки	6	3,86
26			Рассвет	7	7,59
27			Турьевка	6	7,42
28			Щигры	7	5,01
29		Советский	Коллективизатор	7	2,48
30			Полом	6	5,34
31			Высокий Холм	7	6,46
32			Комиссаровский	6	10,16
33			Мурачевка	7	3,01
34			Овсорочки	6	5,36
35			Озерская	7	6,02
36			Потье	6	4,41
37		Улемецкий	Калинино	7	2,36
38			Павловка	6	2,68
39			Улемец	6	2,06
40			Стайки	6	2,07
41		Ульяно-Ленинский	Ж/д. ст. Судимир	6	4,04
42			Поляна	7	5,59
43			Белый Колодец	6	7,45
44			Винский	6	5,00
45			Младенск	5	3,03
46			Плотавец	6	6,96
47		Яровщинский	Яровщина	7	4,86
48			Авдеевка	6	7,45
49			Песочня	6	7,88
50			Орля	6	6,06
51			Сосновка	6	6,62
52	Людиновский	Войловский	Думлово	6	1,92
53		Куяво-Кургановский	Куява	1	1,61
54			Ж/д. ст. Куява	7	2,00
55	Ульяновский	Районного подчин.	Дудоровский	7	6,88
56		Афанасовский	Афанасово	7	8,56
57			Александровка	7	8,20
58			Хоревка	7	8,81
59			Бобровка	6	8,10
60			Минин	6	9,76
61			Петуховка	6	7,79
62			Федоровка	6	9,86
63		Волосово-Дудинский	Белый Камень	6	0,25
64			Перестряж	6	2,07
65			Слободка	1	4,20
66		Вязовенский	Вяльцево	6	2,12
67			Малая Вязовенка	6	0,55
68			Холмищи	6	3,40
69		Кирейковский	Кирейково	7	4,36
70		Крапивенский	Крапивна	7	5,86
71			Веснины	6	9,80
72			Косовка	7	2,56
73			Красногорье	6	5,89
74			Ломна	6	5,82
75			Любовка	6	9,96
76			Подкопаевский	6	9,84
77		Медынцевский	Дудорово	6	4,03
78			Медынцево	6	4,15
79			Старица	6	5,80
80		Мойловский	Кцынь	7	3,54

№	Район (Region)	Сельсовет (Village)	Нас. пункт (Location)	Проб. (Sample)	Средн. (Average)
81			Мойлово	6	2,30
82		Озеренский	Железница	6	1,90
83			Богдановский	6	3,77
84		Паневский	Дубна	7	2,58
85			Дудино	6	0,52
86			Жильково	6	0,60
87			Никитское	6	0,50
88			Починок	6	2,27
89			Гурово	6	1,07
90		Уколицкий	Сорокино	7	3,55
91			Песоченка	6	7,54
92			Уколица	6	4,07
93		Ульяновский	Дурнево	7	4,63
94			Дебри	6	4,24
95			Ульяново	7	3,34
96			Обухово	6	4,00
97			Речица	6	4,62
98			Сеничкин	6	5,02
99		Ягоднинский	Горицы	6	9,08
100			Мелехово	11	6,60
101			Ногая	6	9,60
102			Сопово	6	4,41
103			Шваново	6	6,75
104			Ягодная	6	5,38
105		Дудоровский	Зеленый	6	8,02
106			Кудеяр	7	9,49
107			Мартынка	7	10,99
108	Хвастовичский	Районного подчин.	Еленский	7	2,54
109		Берестнянский	Берестна	7	8,25
110			Высокое	6	7,21
111			Катуновка	6	7,13
112			Колодяссы	7	8,55
113			Красненский	6	8,04
114			Павловка	6	5,48
115		Воткинский	Буда	7	3,63
116			Вечность	7	3,20
117			Воткино	7	5,04
118			Почаевка	7	7,07
119			Красная Горка	6	6,28
120			Черная Речка	6	4,64
121			Ястребиха	6	5,83
122		Кленовский	Тросна	6	1,54
123			Клен	7	1,51
124		Красненский	Красное	7	2,19
125			Новохвастовичи	6	2,82
126			Фомин Верх	6	3,36
127		Кудрявецкий	Кудрявец	6	1,63
128			Теребень	6	1,54
129				6	1,40
130		Ловатский	Барановка	7	3,77
131			Ловать	7	8,56
132			Меховая	6	7,34
133			Фролово	6	7,55
134		Милеевский	Милеево	7	4,07
135			Ловатянка	6	11,49
136			Мокрые Дворики	6	5,51
137			Рессета	6	7,68
138			Харитоновка	6	5,10
139		Пеневичский	Пеневичи	6	0,80
140		Подбужский	Владимировка	7	2,93
141			Ильинка	7	1,37
142			Подбужье	6	1,45
143			Холм	7	1,14
144		Нехочский		6	9,20
145				6	6,50
146		Слободский	Долгое	6	1,51
147			Клетно	6	0,80
148			Семеновский	6	1,33
149			Сергеевка	6	2,01
150			Хизна	7	1,66
151		Стайковский	Стайки	6	0,59
152		Хвастовичский	Хвастовичи	7	2,01
153		Еленский	Долина	7	6,21
154			Глебовка	6	3,10

ДАННЫЕ О ЗАГРЯЗНЕНИИ ТЕРРИТОРИИ РСФСР ЦЕЗИЕМ-137 (Ки/км^2)
(Caesium-137)

ОРЛОВСКАЯ ОБЛАСТЬ (ORLOV)

№	Район (Region)	Сельсовет (Village)	Нас. пункт (Location)	Проб. (Sample)	Средн. (Average)
1	Болховский	Районного подчин.	Болхов	6	5,00
2		Багриновский	Дубровский	6	2,20
3			Фатнево	6	5,40
4		Бориловский	Сухочево	6	1,60
5		Боровский	Игино	6	3,80
6		Герасимовский	Шпилева	6	6,50
7		Красниковский	Вытебеть	6	1,90
8			Красниково	6	4,70
9		Медведковский	Дворики	6	3,98
10			Подлесная Слобода	6	3,62
11		Михневский	Репнино	6	4,20
12		Однолуцкий	Черногрязка	6	2,30
13		Сурьянинский	Руднево	6	4,10
14		Хуторской	Верхняя Радомка	6	5,80

ДАННЫЕ О ЗАГРЯЗНЕНИИ ТЕРРИТОРИИ РСФСР ЦЕЗИЕМ-137 (Ки/км^2)
(Caesium-137)

ТУЛЬСКАЯ ОБЛАСТЬ (TULA)

№	Район (Region)	Сельсовет (Village)	Нас. пункт (Location)	Проб. (Sample)	Средн. (Average)
1	Обл. подчинения		Богородицк	6	2,60
2			Кимовск	6	1,50
3	Арсеньевский	Районного подчин.	Арсеньево	6	3,10
4		Аранский	Араны	6	5,60
5			Нагорный	6	5,06
6			Огневой	6	6,27
7		Белоколодезский	Дубрава	6	3,47
8			Железница-Жизневский	6	4,50
9			Железница-Обрезково	6	3,80
10			Заречье	6	4,38
11			Ивановка-2	6	6,40
12			Троицкое	6	4,66
13		Ясенковский	Выковка	6	4,54
14			Вязок	6	3,01
15			Елизаветино-Блиновка	6	2,76
16			Красноармеец	6	5,06
17			Красное	6	6,37
18			Кологреевка	6	5,30
19			Сычовка	6	2,65
20			Черный Верх	6	5,44
21			Шмелевка	6	3,49
22			Ясенки	6	2,30
23		Голубоченский	Андрияновский	6	4,73
24			Батурский	6	3,69
25			Красный	6	4,72
26			Нижние Ростоки	6	5,46
27			Поляны	6	5,46
28			Протасово	6	4,88
29			Средние Ростоки	6	5,75
30			Фурсово	6	4,45
31		Бобровский	Большая Борщевка	6	4,68
32			Боброво	6	4,72
33			Большое Захарово	6	5,03
34			Варварино	6	4,50

№	Район (Region)	Сельсовет (Village)	Нас. пункт (Location)	Проб. (Sample)	Средн. (Average)
35			Евреево	6	5,67
36			Малое Захарово	6	5,00
37			Нариманово	6	3,57
38			Прилепы	6	4,58
39			Савенки	6	4,92
40			Уч. пост. Арсеньево	6	3,61
41			Воробьевский	6	5,99
42		Истинский	Гамово	6	2,77
43			Дертихино	6	6,73
44			Звягино	6	4,88
45		Кузменский	Красноселье	6	5,56
46			Кузменки	6	5,80
47		Литвиновский	Литвиново	7	5,30
48			Астахово	6	4,94
49			Байдино	6	4,66
50			Гремячки	6	5,31
51			Круг-Ливаново	6	4,84
52			Круг-Страхово	6	4,75
53			Савенково	6	6,07
54			Синяково	6	4,84
55			Юрково	6	5,08
56		Мокровский	Мокрое	7	7,52
57			Верхние Лучки	6	4,45
58			Часовня	6	6,34
59		Манаевский	Манаенки	7	3,19
60			Центральный	6	2,40
61			Андрейкинский	6	2,51
62			Миново	6	5,29
63		Меркуловский	Быковский	6	3,76
64			Меркулово	6	5,54
65			Парахино	6	3,54
66			8-е Марта	6	4,27
67		Стрикинский	Дебрицы	6	3,41
68			Дерюжкино	6	4,09
69			Колодези	6	4,71
70			Корытинка	6	3,96
71			Мощевский	6	4,95
72			Прилепы	6	3,41
73			Хлопово	6	6,41
74	Белевский	Районного подчин.	Белев	6	2,30
75		Бакинский	Слобода	6	4,00
76		Березовский	Дулино	6	1,20
77		Богдановский	Семеновское	6	1,50
78			Челюстино	6	1,40
79		Железницкий	Бугодовищи	6	5,20
80			Федящево	6	3,90
81		Кочеровский	Борково	6	4,90
82		Новодолецкий	Зайцево	6	3,90
83				6	0,80
84				6	1,40
85	Богородицкий	Районного подчин.	Бегичевский	6	4,30
86			Суходольский	6	1,60
87			Товарковский	6	0,90
88		Большесухо-дольский	Сухотино	6	1,20
89	Веневский	Пашковский	Грицовский	6	1,20
90			Юдино	6	0,50
91	Кимовский	Районного подчин.	Епифань	6	1,50
92		Краснопольский	Краснополье	7	2,20
93	Киреевский	Районного подчин.	Болохово	6	0,50
94			Киреевск	6	2,70
95			Приупский	6	2,20
96			Улановский	6	1,40
97		Кузнецовский	Кузнецово	6	6,30
98		Новоселебенский	Кузьмищево	6	1,20
99			Моховое	6	0,90
100		Подосиновский	Анненки	6	1,40
101	Новомосковский	Иван-Озерский	Богдановка	6	0,70
102		Прохоровский	Орловка	6	1,20
103			Троицкое	6	3,40
104	Одоевский	Рылевский	Нижние Дубки	6	2,70
105			Рылево	6	1,30
106			Ур. Хуторка	6	1,60
107		Сомовский	Верхнее Касимово	6	2,30
108			Сомово	6	1,40
109		Стрелецкий	Стрелецкий	5	2,60
110	Плавский	Районного подчин.	Плавск	25	11,43
111		Горбачевский	Локна	7	9,60
112			Новая Локна	8	11,08
113			Михайловское	8	9,46
114			Никольское 1	8	9,50
115			Никольское 2	8	9,85
116		Камынинский	Молочные Дворы	14	10,03
117			Средние Мармыжи	9	12,14
118			Нижние Мармыжи	15	9,16
119			Масловка	6	8,35
120			Новоселки	7	8,22
121			Камынино	11	7,67
122			Губа 2	7	4,92
123		Мещеринский	Мещерино	9	2,42

№	Район (Region)	Сельсовет (Village)	Нас. пункт (Location)	Проб. (Sample)	Средн. (Average)
124		Октябрьский	Красное	9	2,00
125			Октябрьский	7	4,10
126			Косая Губа	8	2,55
127			Пеньково	8	2,31
128			Красное Заречье	8	1,74
129			Васильевка	8	2,91
130			Кожухово	7	3,61
131			Крекшино	7	2,74
132			Александровка	7	4,14
133			Александровский	6	2,72
134			Волхоновщино	7	2,96
135			Красная Нива	7	3,54
136		Пригородный	Юрьево	9	6,32
137			Синявино	9	9,46
138			Пригородный	8	9,25
139			Юрьевский	7	5,27
140		Рахмановский	Рождествено 1	8	11,00
141			Рождествено 2	7	10,74
142			Новая Слободка	8	12,63
143			Заречье	7	14,25
144			Рахманово	8	9,02
145			Орликово	8	12,48
146			Гамовка	7	9,67
147			ур. Березовый Верх	2	12,74
148			ур. Высокий Верх	6	9,65
149		Старолесковский	Ушаково	8	9,79
150			Ботвиньево	7	12,86
151			Щепотьево	7	10,74
152			Арсеньево	8	9,38
153			Стрешнево	8	10,76
154			Смычка	8	11,10
155			Юсупово	7	9,41
156			Лунино	7	9,03
157			Витцинские Выселки	8	10,65
158			Желябово	8	7,75
159			Озерки	8	10,23
160		Частинский	Акуловские Выселки	9	8,16
161			Красногорье	13	5,54
162			Сорочинка	7	4,10
163			Акулово	9	4,82
164			Синявинские Выселки	7	6,22
165			Красный	6	6,79
166			Средний	7	8,20
167	Тепло-	Районного подчин.	Теплое	6	3,20
168	Огаревский	Большеогаревский	Огарево	6	1,50
169		Волчье-Дубравский	Волчья Дубрава	6	0,90
170		Нарышкинский	Нарышкино	6	3,60
171		Плесовский	Плесы	6	4,00
172	Чернский	Районного подчин.	Чернь	6	1,00
173		Большескуратовский	Вязовка	6	0,96
174		Малоскуратовский	Малое Скуратово	6	2,50
175		Полтевский	Полтево	6	5,10
176		Поповский	Поповка-1	6	3,00
177		Синегубовский	Синегубово	6	9,40
178	Щекинский	Районного подчин.	Огаревка	6	1,60
179			Советск	6	3,50
180		Даниловский	Даниловка	6	1,90
181		Карамышевский	Карамышево	6	0,97
182		Крапивенский	Крапивна	6	0,90
183		Лазаревский	Голощапово	6	1,60
184			Ржаво	6	3,70
185		Лукинский	Лукино	11	2,68
186			Сумароково	6	3,10
187		Пироговский	Пирогово	10	7,62
188		Пушкинский	Пушкино	9	8,00
189	Донской	Районного подчин.	Комсомольский	6	1,90
190	Горсовет		Руднев	6	1,80

ДАННЫЕ О ЗАГРЯЗНЕНИИ ТЕРРИТОРИИ РСФСР СТРОНЦИЕМ-90 (Ки/км^2)

(Strontium-90)

БРЯНСКАЯ ОБЛАСТЬ (BRYANSK)

№	Район (Region)	Сельсовет (Village)	Нас. пункт (Location)	Проб. (Sample)	Средн. (Average)
1	Обл. подчинения		Клинцы	2	0,10
2			Новозыбков	9	0,25
3	Климовский	Сушановский	Прогресс	3	1,10
4	Клинцовский	Гулевский	Туросна	2	0,21
5	Красногорский	Заборский	Борки	3	0,80
6			Буковец	1	0,58
7			Гуши	2	0,90
8			Долгое	1	0,22
9			Заборье	7	2,00
10			Ковали	1	0,92
11			Прохоренки	1	0,44
12			Тугани	6	1,00
13		Кургановский	Березовка	3	0,96
14			Николаевка	4	0,75
15		Макаричский	Макаричи	3	0,43
16		Увельский	Барсуки	3	1,50
17			Увелье	3	1,10
18		Яловский	Яловка	6	0,80
19	Новозыбковский	Районного подчин.	Злынка	5	0,70
20			Вышков	3	0,20
21		Верещакский	Верещаки	4	0,24
22		Деменский	Борки	3	0,45
23			Гута	1	0,80
24			Перевоз	2	0,84
25			Столпенко	1	1,25
26		Добродеевский	Добродеевка	2	0,12
27			Чехов	1	1,80
28		Новобобовичский	Новые Бобовичи	2	0,70
29		Новоместский	Новое Место	8	0,60
30		Святский	Святск	3	0,55
31		Старобобовичский	Старые Бобовичи	2	0,65
32		Старовышковский	Старый Вышков	4	1,00

ДАННЫЕ О ЗАГРЯЗНЕНИИ ТЕРРИТОРИИ УССР ЦЕЗИЕМ-137 (Ки/км^2)
(Caesium-137)

ВИННИЦКАЯ ОБЛАСТЬ (VINNITSK)

№	Район (Region)	Сельсовет (Village)	Нас. пункт (Location)	Проб. (Sample)	Средн. (Average)
1	Обл. подчинения		Жмеринка	1	0,1
2	Бершадский	Пятковский	Пятковка	2	0,3
3	Гайсинский	Районного подчин.	Гайсин	1	0,2
4		Бубновский	Дмитренки	1	1,3
5		Кузьминецкий	Шуровцы	1	1,2
6			Косаново	1	1,2
7		Кунковский	Кунка	2	3,6
8		Харпачский	Степашки	2	1,0
9			Харпачка	2	1,0
10		Ярмолинецкий	Басалычевка	1	0,6
11			Ярмолинцы	2	2,3
12	Крыжопольский	Павловский	Павловка	2	0,2
13			Торкановка	2	0,2
14	Немировский	Районного подчин.	Брацлав	3	0,6
15		Байраковский	Думбасловка	2	0,2
16			Казаковка	2	0,2
17		Брацлавский	Гриненки	2	0,9
18		Волчекский	Волчок	2	0,1
19		Воробиевский	Воробиевка	2	3,4
20			Гвоздев	2	0,9
21			Новая Николаевка	2	0,4
22		Вышковецкий	Вышковцы	2	0,4
23		Грабовецкий	Грабовец	2	2,3
24			Сорокодубы	2	1,5
25		Зяньковецкий	Зяньковцы	2	0,6
26		Медвежанский	Медвежья	2	0,2
27			Супруновка	2	0,1
28		Муховецкий	Муховцы	1	0,7
29		Никифоровецкий	Гостинное	2	1,4
30			Лука	3	1,4
31			Никифоровцы	3	0,9
32		Скрицкий	Новоселовка	2	0,6
33			Скрицкое	4	0,9
34		Соколецкий	Соколец	2	0,6
35			Алексеевка	2	0,8
36		Стрельчинецкий	Стрельчинцы	4	0,9
37	Томашпольский	Районного подчин.	Томашполь	1	0,8
38			Вапрянка	2	0,7
39		Вербовский	Вербовая	2	0,4
40		Горышковский	Горышковка	2	2,5
41			Жолобы	2	2,4
42		Комаргородский	Комаргород	2	0,4
43			Кислицкое	1	0,9
44		Марковский	Антополь	1	1,3
45			Марковка	1	1,2
46	Тростянецкий	Районного подчин.	Ладыжин	4	1,1
47		Ильяшевский	Красногорка	2	0,9
48	Тульчинский	Районного подчин.	Кирнасовка	5	2,5
49			Тульчин	1	1,2
50		Аннопольский	Аннополь	2	2,3
51		Бортникский	Бортники	2	0,6
52		Дранский	Одаи	2	1,4
53		Журавлевский	Журавлевка	2	1,1
54		Заозерненский	Заозерное	5	0,9
55			Васильевка	1	2,0
56		Клебанский	Клебань	3	1,7
57			Федьковка	2	1,0
58			Марково	2	1,3
59		Кришинецкий	Крищенцы	7	3,6
60		Михайловский	Михайловка	4	3,8
61			Маньковка	3	0,4
62		Печерский	Печера	2	0,6
63		Суворовский	Суворовское	2	0,6
64		Тарасовский	Тарасовка	2	0,6
65		Тимановский	Тимановка	1	1,2
66		Тульчинский	Нестерварка	1	0,7
67		Холодовский	Холодовка	2	1,8
68		Шпиковский	Шпиков	2	1,0
69		Юрковский	Станиславка	2	1,5
70			Юрковка	2	1,2
71	Тывровский	Районного подчин.	Тывров	1	0,2
72		Бушинский	Бушинка	3	4,2
73				1	3,8
74		Василевский	Василевка	1	1,0
75			Курники	1	0,1
76		Дзвонихский	Дзвониха	2	0,3
77			Колюхов	2	0,4
78			Канава	2	2,1
79		Рахно-Полевский	Рахны-Полевые	3	0,9
80		Следянский	Следы	3	2,4

№	Район (Region)	Сельсовет (Village)	Нас. пункт (Location)	Проб. (Sample)	Средн. (Average)
81		Уяринецкий	Уяринцы	2	3,9
82	Чечельницкий	Белокаменский	Белый Камень	2	0,7
83		Бондуровский	Бондуровка	2	2,7
84		Вербский	Вербка	2	2,5
85			Куреневка	2	1,5
86		Каташинский	Каташин	2	0,9
87		Лугский	Луги	2	0,5
88		Ольгопольский	Ольгополь	2	0,4
89		Рогозковский	Рогозка	2	0,8
90		Стратиевский	Стратиевка	2	0,3
91		Тартакский	Тартак	2	1,0
92		Червоногребельский	Червоная Гребля	2	0,7
93	Шаргородский	Голыньчинецкий	Голынчинцы	2	1,3
94		Деребчинский	Малая Деребчинка	2	2,0
95		Джуринский	Джурин	2	2,7
96		Ждановский	Должок	1	0,9
97		Зведеновский	Зведеновка	2	1,1
98			Попелевка	2	2,1
99			Вербовка	2	1,0
100		Рахновско-Лесовый	Рахны-Лесовые	2	1,7

ДАННЫЕ О ЗАГРЯЗНЕНИИ ТЕРРИТОРИИ УССР ЦЕЗИЕМ-137 (Ки/км^2)

(Caesium-137)

ЖИТОМИРСКАЯ ОБЛАСТЬ (ZHITOMIRSK)

№	Район (Region)	Сельсовет (Village)	Нас. пункт (Location)	Проб. (Sample)	Средн. (Average)
1	Обл. подчинения		Коростень	64	8,0
2	Коростенский	Берестовецкий	Берестовец	6	5,4
3		Беховский	Бехи	16	9,5
4			Шатрище	8	5,5
5		Выговский	Выгов	3	3,0
6		Давыдковский	Давидки	3	5,4
7		Дедковичский	Дедковичи	4	2,7
8		Кожуховский	Кожуховка	2	4,1
9			Чигири	6	10,4
10			Диброва	2	2,3
11			Клочево	3	4,9
12			Ж/д. ст. Клочки	1	5,0
13		Купищенский	Жабче	9	11,9
14			Купище	8	7,4
15		Мединовский	Мединовка	2	4,0
16		Обиходовский	Обиходы	42	9,6
17		Полесский	Чоловка	2	3,0
18			Житомирское	4	8,1
19		Сарновичский	Сарновичи	3	3,8
20		Сингаевский	Купечь	6	7,5
21			Немировка	19	11,1
22			Сингаи	5	4,5
23		Ходаковский	Ходаки	2	3,9
24		Хотиновский	Хотиновка	3	4,0
25	Лугинский	Районного подчин.	Лугины	8	3,2
26		Бовсуновский	Бовсуны	2	1,4
27			Соловьи	2	1,6
28		Будо-Литковский	Березовый Груд	6	2,9
29			Будо-Литки	3	2,3
30			Радогоща	3	3,7
31		Жеревецкий	Жеревцы	5	6,5
32			Рудня-Жеревцы	5	7,7
33			Ж/д. ст. Жерев	4	12,3
34			п. Гранитного карьера	3	12,2
35			Заполье	4	3,6
36			Заречка	6	5,0
37		Красноставский	Красностав	3	1,5

№	Район (Region)	Сельсовет (Village)	Нас. пункт (Location)	Проб. (Sample)	Средн. (Average)
38			Тесновка	2	1,4
39		Летковский	Диброва	3	2,3
40			Летки	3	2,2
41			Глухова	4	1,0
42		Липниковский	Липники	3	2,1
43			Малаховка	10	8,7
44			Мощаница	11	10,6
45			Осны	3	2,1
46		Лугинский	Крупчатка	3	5,3
47			Лугинки	2	2,0
48		Остаповский	Остапы	2	2,1
49		Повчанский	Повч	6	5,0
50			Рудня-Повчанская	7	10,0
51		Путиловичский	Путиловичи	5	1,6
52			Старые Новаки	10	2,9
53		Старосельский	Староселье	3	2,7
54		Степановский	Степановка	13	7,2
55			Новая Рудня	4	4,7
56		Топильнянский	Чапаевка	6	4,0
57			Топильня	2	3,4
58		Червоноволокский	Червона Волока	11	2,8
59			Бобричи	9	5,0
60			Волошино	10	6,6
61			Красноселка	9	3,4
62			Ж/д. ст. Волошино	1	8,4
63	Малинский	Районного подчин.	Малин	4	0,7
64		Владовский	Писаревка	2	1,5
65		Вышевский	Марьятин	6	3,2
66			Трудолюбовка	1	2,9
67		Дибровский	Диброва	3	2,5
68		Ксаверовский	Ксаверов	1	1,1
69			Рудня-Калиновка	3	12,0
70			Савлуки	3	2,0
71		Недашковский	Недашки	6	1,3
72		Скуратовский	Скураты	2	1,0
73	Народичский	Районного подчин.	Народичи	26	17,1
74		Базарский	Базар	25	8,7
75			Бродник	7	1,2
76			Великие Миньки	17	8,4
77			Колосовка	3	3,3
78			Листвиновка	3	5,7
79			Рудня-Базарская	4	8,5
80			Сухаревка	13	4,0
81		Болотницкий	Болотница	3	4,2
82		Великоклещевский	Великие Клещи	36	30,3
83			Полесское	17	36,0
84		Вязовский	Вязовка	2	3,5
85		Голубиевичский	Буда-Голубиевичи	12	1,4
86			Васьковцы	7	4,9
87			Голубиевичи	26	9,4
88			Недашковка	6	0,7
89			Заводное	3	2,5
90		Гуто-Марьятинский	Гуто-Марьятин	3	3,4
91			Рубежовка	3	2,5
92			Сингаи	3	3,1
93			Славковцы	2	3,1
94			Старый Кужель	2	6,0
95			Вила	3	0,5
96		Давыдковский	Давыдки	3	4,1
97		Закусиловский	Жерев	2	4,0
98			Закусилы	3	5,0
99			Бабиничи	3	2,6
100		Залесский	Залесье	11	4,0
101		Звиздальский	Звиздаль	24	27,6
102			Малые Миньки	29	46,6
103			Рудня-Осошня	23	58,9
104			Шишеловка	23	44,6
105		Калиновский	Калиновка	20	9,3
106			Малинка	6	2,8
107			Слобода	15	15,2
108		Любарский	Журавлинка	12	13,9
109			Лозница	18	21,4
110			Любарка	22	12,5
111			Роги	7	22,7
112			Северовка	9	14,6
113		Малоклещевский	Малые Клещи	15	25,7
114			Перемога	9	30,9
115			Хрипля	16	29,2
116		Межилесский	Межилеска	16	6,6
117			Осыка	11	8,7
118		Народичский	Старое Шарное	22	28,8
119		Новодорогинский	Новый Дорогинь	6	4,1
120			Славенщина	13	4,4
121			Яжберень	7	5,0
122			Отрубы	4	4,7
123		Радчанский	Грезля	3	1,1
124			Радча	3	1,9
125			Новая Радча	3	1,2
126			Ольховая	3	2,4
127			Ровба	3	2,1

№	Район (Region)	Сельсовет (Village)	Нас. пункт (Location)	Проб. (Sample)	Средн. (Average)
128			Старая Радча	13	6,3
129			Тычков	7	3,8
130		Рассоховский	Гута-Ксаверовская	6	3,8
131			Рассоховское	18	10,9
132			Батьковщина	4	6,0
133			Рудня-Каменка	4	4,4
134			Анновка	14	15,0
135		Селецкий	Булев	8	20,0
136			Селец	39	9,1
137		Стародорогинский	Старый Дорогинь	1	5,1
138		Христиновский	Мотейки	22	6,1
139			Ноздрище	26	31,7
140			Христиновка	38	26,0
141	Овручский	Районного подчин.	Овруч	9	2,0
142		Бондаревский	Бондари	5	4,6
143			Бондаревка	3	2,2
144			Красноселка	2	3,9
145			Папирня	1	4,7
146		Великохайчанский	Великая Хайча	7	3,0
147			Кобылин	4	3,7
148			Збраньки	1	4,1
149		Великочерниговский	Великая Черниговка	3	3,7
150			Малая Черниговка	3	1,1
151		Выступовичский	Борутино	14	11,7
152			Выступовичи	12	7,2
153			Солотино	15	10,5
154		Гладковичский	Александры	9	7,2
155			Гладковичи	6	3,9
156			Гладковичская Каменка	7	4,0
157			Ж/д. ст. Грезля	3	3,5
158		Гошевский	Гошев	2	2,4
159			Смоляное	2	2,8
160		Журбовский	Будолюбовка	6	3,4
161			Грязево	3	3,0
162			Деревцы	4	3,8
163			Переезд	9	4,0
164			Ситовка	7	5,4
165			Сосновка	10	5,7
166			Степки	12	4,7
167			Подчашье	4	4,1
168			Желудевка	4	3,0
169		Кирдановский	Кирданы	3	2,5
170		Левковичский	Левковичи	4	2,9
171			Белка	1	4,4
172		Липско-Романовский	Колесники	12	4,8
173			Личманы	6	1,5
174			Магдин	5	3,0
175			Маленовка	3	4,1
176			Сидоры	3	2,6
177			Столпичное	8	7,2
178		Листвинский	Ракитное	5	6,1
179			Ж/д. ст. Мощаница	1	2,6
180			Листвин	4	2,5
181		Лучанковский	Лучанки	2	1,8
182		Нововеледникский	Новые Веледники	6	4,4
183			Сорокапень	3	4,5
184		Норинский	Чабан	3	2,5
185			Норинск	4	3,1
186			Мошаница	2	4,5
187			Подвеледники	2	2,0
188		Першотравненский	Каменевка	9	6,0
189			Першотравневое	5	3,9
190		Песчаницкий	Павловичи	5	1,9
191			Песчаница	3	4,1
192			Клинец	3	2,3
193			Полесское	4	5,2
194		Подрудянский	Подрудье	4	4,2
195		Покалевский	Гаевичи	4	4,0
196			Коптевщина	3	2,1
197			Покалев	3	3,1
198			Полохачев	4	3,6
199			Скребеличи	3	3,7
200		Руднянский	Бережесть	4	1,8
201			Бирковское	4	4,1
202			Людвиновка	4	4,4
203			Прилуки	1	1,7
204			Рудня	5	2,5
205		Слободской	Слобода	2	1,8
206			Средняя Рудня	4	1,3
207			Девошин	6	1,0
208			Заболоть	2	1,3
209			Кораки	2	0,5
210			Текловка	2	1,0
211			Островы	3	1,2
212			Ясенец	5	0,9
213		Хлуплянский	Нагоряны	3	3,7
214			Оленичи	3	4,1
215		Черевковский	Белка	3	4,4

№	Район (Region)	Сельсовет (Village)	Нас. пункт (Location)	Проб. (Sample)	Средн. (Average)
216			Черевки	4	3,8
217		Черепинский	Черепин	3	2,9
218		Шоломковский	Заречье	5	2,5
219			Збраньки	4	4,2
220			Шоломки	7	2,6
221			Долгиничи	2	2,7
222	Олевский	Районного подчин.	Олевск	2	1,7
223			Диброва	1	4,9
224			Дружба	3	1,6
225		Белокоровичский	Белокоровичи	2	1,5
226		Дибровский	Дуброва-Олевская	2	9,9
227		Жовтневый	Жовтневое	2	0,3
228		Жубровичский	Жубровичи	2	2,3
229		Замысловичский	Замысловичи	2	1,2
230		Каменский	Каменка	2	2,1
231		Кишинский	Болярка	1	1,1
232			Кишин	2	1,8
233		Комсомольский	Комсомольское	2	2,1
234		Радовельский	Радовель	5	1,9
235			Рудня-Радовельская	4	9,1
236		Хочинский	Рудня-Хочинская	5	2,7

ДАННЫЕ О ЗАГРЯЗНЕНИИ ТЕРРИТОРИИ УССР ЦЕЗИЕМ-137 (Ки/км^2)

(Caesium-137)

КИЕВСКАЯ ОБЛАСТЬ (KIEV)

№	Район (Region)	Сельсовет (Village)	Нас. пункт (Location)	Проб. (Sample)	Средн. (Average)
1	Обл. подчинения		Белая Церковь	3	0,1
2			Ирпень	1	1,9
3	Барышевский	Жуковский	Жуковка	1	0,1
4		Лукьяновский	Лукьяновка	2	0,3
5		Семеновский	Семеновка	1	0,1
6	Белоцерковский	Ивановский	Ивановка	7	7,0
7		Иосиповский	Иосиповка	11	9,1
8			Красное	4	2,9
9			Павловка	4	13,5
10		Коженикский	Коженики	2	0,3
11		Михайловский	Михайловка	3	5,3
12		Пилипчанский	Пилипча	2	0,2
13		Розалеевский	Розалеевка	1	2,4
14		Тарасовский	Тарасовка	2	5,5
15		Трушковский	Трушки	1	0,1
16		Шкаровский	Шкаровка	2	0,3
17	Богуславский	Бранопольский	Браное Поле	4	2,3
18		Исайковский	Исайки	2	2,8
19		Медвинский	Медвин	7	2,4
20		Митаевский	Митаевка	4	4,9
21		Москаленковский	Москаленки	3	4,3
22		Побережковский	Побережка	3	2,7
23		Щербашинецкий	Щербашинцы	4	8,5
24	Бородянский	Районного подчин.	Бородянка	1	3,2
25	Броварский	Зазимянский	Зазимье	3	0,6
26		Летковский	Летки	2	1,4
27		Мокрецкий	Мокрец	2	0,2
28		Погребовский	Погребы	3	0,7
29		Пуховский	Пуховка	3	0,5
30			Рожевка	2	0,6
31		Руднянский	Рудня	6	1,7
32	Васильковский	Кодаковский	Кодаки	1	0,7
33		Ольшанско-Новоселицкий	Ольшанская Новоселица	7	5,1
34		Тростинско-Новоселицкий	Тростинская Новоселица	5	0,7
35	Вышгородский	Районного подчин.	Вышгород	6	1,6
36			Дымер	40	1,2

№	Район (Region)	Сельсовет (Village)	Нас. пункт (Location)	Проб. (Sample)	Средн. (Average)
37		Богдановский	Авдеева Нива	2	2,8
38			Рихта	2	3,5
39		Ваховский	Ваховка	5	5,3
40		Высшедубичанский	Высшая Дубечня	27	2,0
41		Гавриловский	Гавриловка	12	1,3
42		Демидовский	Демидов	35	0,7
43		Жукинский	Жукин	4	1,2
44		Катюжанский	Гута-Катюжанская	3	2,7
45		Козаровичский	Глебовка	4	1,3
46			Козаровичи	37	2,6
47		Лебедевский	Лебедевка	38	1,6
48		Литвиновский	Литвиновка	25	1,4
49		Любимовский	Любимовка	23	2,6
50		Новопетровцевский	Новые Петровцы	15	1,1
51		Пирновский	Воропаев	14	1,1
52		Роковский	Ровы	1	1,1
53			Федоровка	2	2,0
54		Рудне-Дымерский	Владимировка	2	1,9
55			Рудня Дымерская	15	3,8
56			Червоное	1	2,5
57		Синяковский	Синяк	2	0,8
58		Старопетровский	Старые Петровцы	12	1,6
59		Сухолучанский	Сухолучье	7	0,7
60		Толокунский	Толокунь	13	1,7
61			Рудня-Толокунская	1	0,8
62		Ясногородский	Ясногородка	10	2,2
63	Иванковский	Районного подчин.	Иванков	29	1,5
64		Блидчанский	Блидча	4	1,3
65			Коленцы	9	1,5
66			Леоновка	13	1,2
67		Варовской	Варовск	5	0,4
68		Дымарский	Дымарка	17	0,5
69			Петровское	6	0,3
70		Жмиевский	Жмиевка	39	0,3
71			Олизаровка	31	0,7
72		Иванковский	Запрудка	20	2,1
73			Сукачи	4	2,3
74			Федоровка	20	1,6
75		Кухаревский	Зарудье	8	1,6
76			Кухари	39	1,0
77		Макаровский	Новые Макалевичи	23	1,4
78			Макаровка	4	0,9
79			Русаки	17	1,9
80		Мусуйковский	Мисуйки	28	1,4
81		Обуховицкий	Обуховичи	41	2,9
82		Оливский	Олива	40	1,1
83		Оранский	Ораное	11	4,2
84			Степановка	7	2,6
85		Песковский	Домановка	9	1,7
86			Карпиловка	16	4,1
87			Ковалевка	7	1,9
88			Пески	58	4,0
89			Потоки	6	1,5
90			Старые Соколы	6	2,1
91		Приборский	Пироговичи	17	2,3
92			Приборск	48	2,5
93		Розважевский	Розважев	55	0,8
94		Термаховский	Термаховка	43	0,8
95		Тетеревский	Тетеревское	3	0,8
96			Подгайное	3	1,1
97		Феневичский	Рудня-Тальская	3	2,3
98			Сосновка	30	1,2
99			Феневичи	19	1,3
100			Зимовище	7	1,7
101		Шпилевский	Воропаевка	9	2,9
102			Шпили	27	2,1
103	Кагарлыкский	Районного подчин.	Кагарлык	1	1,8
104		Балыко-Щучинский	Балыко-Щучинка	6	1,2
105		Певецкий	Яблоновка	1	1,2
106	Киево-Святошинский	Петропавловско-Борщаговский	Чайки	6	1,6
107		Хотовский	Хотов	2	1,0
108	Мироновский	Грушевский	Грушев	2	1,7
109			Дудари	5	5,9
110			Ходоров	2	1,4
111		Емчихский	Емчиха	2	0,6
112		Кипячковский	Кипячка	2	0,3
113		Козинский	Козин	2	0,9
114		Македонский	Македоны	2	0,8
115		Малобукринский	Малый Букрин	4	0,7
116			Ромашки	2	0,8
117		Масловский	Масловка	2	0,2
118		Пиевский	Пии	1	0,2
119		Потокский	Поток	5	0,4
120			Очеретяное	2	0,4
121		Тулинский	Тулинцы	2	0,4
122		Шандровский	Шандра	4	0,2
123	Обуховский	Районного подчин.	Обухов	40	0,3
124			Украинка	3	0,3
125			Козин	2	0,6

№	Район (Region)	Сельсовет (Village)	Нас. пункт (Location)	Проб. (Sample)	Средн. (Average)
126		Великодмитровичский	Великие Дмитровичи	26	0,4
127		Веремяцкий	Веремье	2	0,1
128		Витачовский	Витачов	29	0,8
129		Григоровский	Григоровка	20	0,4
130			Гусачевка	2	0,1
131		Долинский	Долина	28	3,8
132		Жуковцевский	Жуковцы	24	0,6
133		Копачовский	Копачов	24	0,4
134		Красненский-Второй	Красное Второе	14	1,4
135		Красненский-Первый	Красное Первое	11	1,0
136		Краснослободский	Красная Слободка	28	0,4
137		Малоольшанский	Малая Ольшанка	30	0,4
138		Перегоновский	Перегоновка	2	0,2
139		Семеновский	Семеновка	29	0,5
140		Старобезрадичевский	Новые Безрадичи	7	0,8
141			Старые Безрадичи	12	1,0
142		Трипольский	Триполье	33	0,8
143	Полесский	Районного подчин.	Вильча	31	7,0
144			Полесское	84	24,7
145		Буда-Варовичский	Буда-Варовичи	27	7,9
146		Вильчанский	Становище	13	7,0
147			Старая Вильча	5	9,3
148			Ж/д. ст. Вильча	4	9,1
149		Волчковский	Волчков	14	1,5
150			Пуховое	27	16,7
151		Денисовичский	Денисовичи	28	14,2
152		Дибровский	Диброва	32	6,7
153		Жовтневый	Жовтневое	35	11,5
154		Залишанский	Вересня	3	0,3
155			Залишаны	3	0,7
156		Красятичский	Красятичи	3	0,2
157			Михлевщина	6	0,3
158			Дубовая	3	0,3
159		Луговикский	Луговики	2	1,2
160			Фабриковка	5	4,8
161			Червоная Зирка	3	0,5
162		Максимовичский	Королевка	8	8,9
163			Максимовичи	5	0,7
164		Мартыновичский	Мартыновичи	40	8,8
165		Марьяновский	Зеленая Поляна	5	1,7
166			Марьяновка	11	3,8
167		Млачевский	Млачевка	8	2,3
168		Новомирский	Новый Мир	28	6,2
169			Ж/д. ст. Павловичи	5	11,9
170		Полесский	Грезля	29	17,6
171			Рудня-Грезлянская	24	20,6
172		Раговский	Котовское	10	1,7
173			Шевченково	40	40,0
174			Ясен	41	91,3
175			Раговка	4	1,9
176		Радинский	Буда-Радынская	3	0,3
177			Нивецкое	8	1,5
178			Омельяновка	4	1,2
179			Радинка	8	0,5
180			Черемошна	8	0,9
181			Федоровка	2	1,3
182		Стещинский	Калиновка	4	0,5
183			Стещина	3	0,5
184			Марковка (нежил.)	4	3,8
185			Орджоникидзе	3	1,2
186		Тарасовский	Тарасы	32	9,5
187		Шкневский	Войсковое	6	2,4
188			Новая Марковка	19	33,0
189			Старая Марковка	4	1,3
190			Шкнева	8	3,2
191	Ракитянский	Ольшаницкий	Ольшаница	3	2,3
192	Сквирский	Дулицкий	Дулицкое	2	0,3
193		Пищиковский	Пищики	1	0,2
194			Матгоши	2	0,3
195		Шамираевский	Шамираевка	2	0,2
196	Таращанский	Кирдановский	Кирданы	9	6,5
197		Ковшеватский	Ковшеватая	3	4,7
198		Лукьяновский	Кисловка	6	8,5
199			Лукьяновка	4	3,4
200		Лучанский	Лука	5	3,9
201		Степковский	Бовкун	3	4,5
202			Степок	4	4,7
203	Тетиевский	Районного подчин.	Тетиев	2	0,3
204		Звенячский	Звенячье	1	0,1
205		Дубровский	Дубровка	1	0,1
206		Кашперовский	Кашперовка	3	0,2
207		Тележнецкий	Тележницы	1	0,3
208		Черепинский	Черепин	2	0,3
209	Чернобыльский	Горностайпольский	Горностайполь	30	3,7
210			Губин	6	4,0
211			Лапутьки	3	3,6
212		Дитятковский	Дитятки	21	4,8

№	Район (Region)	Сельсовет (Village)	Нас. пункт (Location)	Проб. (Sample)	Средн. (Average)
213			Зорин	6	4,4
214			Фрузиновка	7	3,0
215		Зеленомысский	Зеленый Мыс	61	2,4
216			Медвин	3	1,9
217		Опачичский	Липники	3	5,3
218		Тереховский	Блистюн	1	4,0
219	Ирпенский		Буча	1	5,1
220	горсовет		Ворзель	1	2,1
221	Республ. подч.		Киев	68	0,6
222	Районы г.Киева	Днепровский	Гидропарк	2	0,7

ДАННЫЕ О ЗАГРЯЗНЕНИИ ТЕРРИТОРИИ УССР ЦЕЗИЕМ-137 (Ки/км^2)

(Caesium-137)

РОВЕНСКАЯ ОБЛАСТЬ (ROVENSK)

№	Район (Region)	Сельсовет (Village)	Нас. пункт (Location)	Проб. (Sample)	Средн. (Average)
1	Обл. подчинения		Сарны	4	0,9
2	Владимирецкий	Районного подчин.	Владимирец	3	1,6
3			Кузнецовск	2	1,6
4			Рафаловка	2	0,7
5			Ровенская АЭС	18	0,7
6		Антоновский	Антоновка	2	1,7
7		Балаховичский	Маюничи	2	1,1
8		Беленский	Белое	2	1,5
9			Луко	1	0,8
10			Новоселки	3	1,3
11		Бельско-Вольский	Бельская Воля	10	0,6
12			Рудка	5	0,9
13		Великожолудский	Великий Жолудск	2	1,1
14			Малый Жолудск	2	1,1
15		Великотелковичский	Великие Телковичи	2	0,6
16			Бышляк	2	0,7
17		Великоцепцевичский	Нетреба	2	1,0
18			Великие Цепцевичи	2	1,1
19		Воронковский	Воронки	2	0,7
20			Радыжево	2	1,9
21		Городецкий	Городец	2	1,5
22			Велихов	2	0,2
23			Сварыни	2	1,1
24		Долговольский	Берестовка	2	2,0
25			Долговоля	2	2,0
26			Островцы	2	1,1
27		Жовкиновский	Жовкини	2	1,8
28		Заболотьевский	Заболотье	6	0,4
29		Каноничский	Дубовка	2	1,1
30			Новаки	2	0,6
31		Кидровский	Кидры	2	0,8
32		Красносельский	Красносельe	4	2,0
33			Зеленое	2	1,8
34			Липно	2	1,4
35		Лозковский	Лозки	2	1,0
36		Мульчицкий	Мульчицы	5	1,4
37			Журавлиное	2	1,0
38		Озерецкий	Озерцы	2	0,3
39		Озерский	Озеро	2	2,8
40		Полицкий	Полицы	2	3,3
41			Веретено	2	1,6
42			Иванчи	2	1,4
43			Сошники	2	0,6
44		Половлевский	Половли	2	1,3
45			Зеленица	2	2,0
46			Щеков	2	0,6
47		Рафаловский	Балаховичи	2	0,6
48			Остров	2	0,6
49			Полонное	2	0,6
50			Суховоля	2	1,2
51		Ромейковский	Ромейки	2	0,9
52		Собещицкий	Собещицы	2	1,3

№	Район (Region)	Сельсовет (Village)	Нас. пункт (Location)	Проб. (Sample)	Средн. (Average)
53		Сопачовский	Дуброва	2	1,3
54			Сопачев	2	2,0
55		Старорафаловский	Старая Рафаловка	2	0,9
56			Бабка	2	1,4
57			Чудля	2	0,6
58		Хиночский	Хиночи	3	1,4
59			Степангород	2	0,8
60	Дубровицкий	Районного подчин.	Дубровица	7	2,8
61		Бережковский	Бережки	3	3,4
62			Узлесье	2	2,3
63		Бережницкий	Бережница	5	1,4
64			Белаши	3	2,0
65			Подлесное	3	1,8
66		Берестовский	Берестье	3	2,6
67			Пращюки	3	1,7
68			Орвяница	3	1,8
69		Великоозерянский	Великие Озера	5	1,4
70			Великая Черемель	3	2,0
71			Шахи	3	2,1
72		Вербовский	Вербовка	5	2,7
73		Высоцкий	Высоцк	6	2,9
74		Жаденский	Жадень	4	1,2
75		Залужский	Залужье	3	2,5
76		Колковский	Колки	3	2,7
77			Заслучье	3	2,0
78		Лесовский	Лесовое	5	2,2
79			Озерск	2	0,8
80		Людынский	Людынь	7	3,4
81			Партизанское	8	5,9
82			Рудня	4	3,7
83			Золотое	3	1,8
84		Лютинский	Велюнь	5	6,9
85			Лютинск	6	3,5
86		Милячский	Загребля	4	7,0
87			Луговое	3	2,3
88			Миляч	2	1,6
89			Бяла-над-Горынем	7	6,6
90		Мочулищенский	Крупово	2	1,9
91			Червоное	3	2,4
92			Мочулище	3	2,0
93		Нивецкий	Грицки	3	1,5
94			Нивецк	3	1,1
95		Осовский	Осова	3	1,4
96		Перебродовский	Будымля	5	2,2
97			Переброды	5	1,2
98		Сварицевичский	Зелень	3	1,0
99			Сварицевичи	3	1,1
100		Селецкий	Селец	3	2,8
101			Ясинец	3	2,4
102		Соломиевский	Кураш	3	1,2
103			Соломиевка	3	1,7
104		Трипутнянский	Залешаны	3	1,1
105			Литвица	5	1,7
106			Трипутня	4	3,6
107			Вольное	6	1,3
108			Грани	3	1,4
109		Туменский	Бродец	4	3,1
110			Городище	3	1,6
111			Тумень	3	2,7
112		Удрицкий	Смордск	3	2,8
113			Удрицк	4	6,1
114			Хочин	4	1,4
115	Заречненский	Районного подчин.	Заречное	3	3,1
116		Боровский	Боровое	3	0,9
117			Млинок	3	0,7
118		Вичевский	Бутово	3	0,5
119			Бродница	3	0,4
120			Вичевка	3	0,4
121		Дибровский	Волчицы	3	1,5
122			Дибровск	5	2,4
123		Заречненский	Парская	3	3,0
124			Чернин	3	3,0
125		Кутинский	Заозерье	3	1,3
126			Кутин	3	1,7
127		Кухотско-Вольский	Островск	3	1,3
128			Ждань	3	0,6
129		Кухченский	Кухче	3	1,5
130			Новоселье	3	2,0
131			Задолжье	3	1,0
132		Локницкий	Локница	2	1,2
133		Морочновский	Морочное	3	1,7
134			Мутвица	3	3,1
135		Неньковичский	Коморы	8	2,1
136			Неньковичи	4	1,2
137		Нобельский	Дедовка	3	1,3
138			Млин	2	2,0
139			Нобель	3	1,5
140			Радовель	6	1,7
141			Котыра	3	2,0
142		Новоречицкий	Новоречица	5	1,1

№	Район (Region)	Сельсовет (Village)	Нас. пункт (Location)	Проб. (Sample)	Средн. (Average)
143			Голубное	3	1,5
144		Омытский	Горыничи	3	1,6
145			Ниговищи	4	2,2
146			Омыт	3	1,3
147		Перекальский	Тиховиж	3	1,2
148			Перекалье	3	0,7
149		Речицкий	Приветовка	3	2,4
150			Речица	2	2,2
151			Ласицк	3	1,2

Приложение II
Перечень вопросов, заданных международным экспертам

Вопросы и высказывания жителей на встречах с международными экспертами во время подготовительной миссии

Полесское, УССР, 26 марта 1990 г.

1. Безопасно ли проживание здесь?
2. Увидим ли мы когда-нибудь результаты этой миссии?
3. Вопрос д-ру Курамото:
   Была ли чернобыльская авария опаснее бомбардировки Хиросимы?
4. Что можно сказать о критерии 35 бэр (350 мЗв)? Является ли этот уровень гуманным?
5. Почему наша встреча проходит в маленькой комнате, если в городе имеется больший по размерам зал?
6. Прошло уже четыре года после аварии, а ничего не сделано.
7. Будете ли вы использовать свое оборудование для медицинских исследований? Будете ли вы проводить обследование всех детей?
8. Поскольку наши дети летом уедут на каникулы, когда вы предполагаете приехать в наш город, чтобы мы смогли тоже там находиться в это время?
9. Какова доза в радах для детей в районе с загрязнением 350 Ки/км^2 (12,95 МБк/м^2)?
10. Сможете ли вы оказать влияние на наше правительство? В прошлом году комиссия советских экспертов (г-н Допев) заявила, что они возвратятся через 2 месяца, но они не вернулись.
11. В 1987 г. в наших садах были взяты пробы, но мы не получили результаты их анализа. Разве эти результаты считаются секретными? Пожалуйства, опубликуйте полученные результаты. (Копия доклада по Гоянии на русском языке была направлена мэру населенного пункта на следующий день.)
12. Является ли доза 35 бэр (350 мЗв) дозой, от которой невозможно погибнуть? Какой, по вашему мнению, должна быть такая доза? Имеется ли международное обоснование для концепции 35 бэр (350 мЗв)?
13. Может ли облучение вызвать рак горла?
14. Считаете ли вы необходимым, чтобы дети находились здесь в течение четырех лет? Они страдают от носовых кровотечений, обмороков, потери зрения.
15. Было сделано предложение врачу-эксперту встретиться с врачами больниц.

Овруч, УССР, 27 марта 1990 г.

Пожелания представителей местных органов власти:

1. Обследование района относительно загрязнения тяжелыми металлами, а не только цезием, стронцием и плутонием.
2. Измерения в "горячих" точках, до 1500 μбэр/ч (0,015 мЗв/ч).
3. Обеспечение дозиметрами, не менее 85 тыс. штук.
4. Достоверная информация по допустимому гамма-фону.
5. Какие условия допустимы, а какие — нет?
6. Психологический климат.
7. Разъяснение общественности понятий "допустимый", "нормальный" и "недопустимый".
8. Почему допустимым считается уровень загрязнения цезием 15 Ки (555 ГБк), а не 5 Ки (185 ГБк) или 10 Ки (370 ГБк)? Такой же вопрос и в отношении стронция.
9. Четкая, обоснованная концепция безопасного проживания.
10. Помощь в предоставлении четкой концепции о путях предоставления услуг людям.
11. Исследование продуктов питания по всем аспектам.
12. Недостаточное количество дозиметрических приборов для определения внешнего и внутреннего облучения.
13. Воздействие облучения на иммунную систему.

14. Четкая картина эффектов радионуклидов, нитратов и пестицидов.
15. Оценка состояния здоровья в будущем у проживающих на этой территории людей.
16. Диагноз специалистов-медиков.
17. Получение "чистых" продуктов питания.
18. Возможные генетические последствия загрязнения.
19. Последствия облучения плода.
20. Потребности в наборе медицинского оборудования.
21. Проточные воды.

Вопросы, заданные жителями города:

1. Вопрос д-ру М.Розену:

   В результате нашей дискуссии у Вас сформировалось определенное мнение о ситуации. Не могли бы Вы сказать, аналогична ли эта ситуация положению в Бразилии? И как были там решены проблемы, связанные с безопасностью населения?

2. Вопрос д-ру Курамото:

   Как Вы оцениваете возможные последствия аварии в районе с учетом опыта Японии в области радиологии и последствий облучения для населения? Что нам следует ожидать в ближайшем и более отдаленном будущем?

3. Проводились ли какие-либо исследования женского грудного молока, и может ли оно представлять потенциальный риск для новорожденного ребенка? Как Вы считаете, могут ли вообще в нашей области рождаться здоровые дети?

4. Были ли МАГАТЭ и другие международные организации включены в обсуждение вопроса о том, следует ли совсем закрыть Чернобыльскую атомную станцию, и, в частности, реактор четвертого блока?

5. Мы все время говорим о ликвидации последствий аварии, но существует ли вообще реальная возможность их ликвидации? Не будет ли более правдоподобным считать, что это — просто трата времени и ресурсов, что было бы лучше всех эвакуировать?

6. Какая реальная угроза существует для детей, родившихся до чернобыльской аварии, которые продолжают проживать в этом районе? Каковы первые признаки заболевания? Какие меры профилактики можем предпринять мы, родители, для наших детей в существующих здесь условиях? И, наконец, будет ли разумным переселить тех людей, которые живут здесь постоянно?

Брагин, БССР, 27 марта 1990 г.

Вопросы и высказывания жителей города:

1. Предоставило ли Вам данные правительство перед Вашим приездом сюда? Насколько хорошо Вы информированы в отношении этих данных и ситуации в целом?
2. Какие, по мнению ученых, имеются перспективы у наших детей, которые проживают в Брагине с первого дня после аварии?
3. (Адресовано Э. Смейлс.) Вы — мать двух детей. Так же, как и я. Я здорова, мой муж здоров, но у обеих моих дочерей, 1986 и 1987 гг. рождения, увеличена щитовидная железа.
4. Как объяснить тот факт, что у детей, например в Минске, имеются низкие уровни гемоглобина, лейкоцитов, снижение остроты зрения на 50%, снижение иммунитета, жалобы на изменения со стороны печени?
5. Каковы Ваши намерения? Куда вы собираетесь направить международных экспертов?
6. С каких уровней доз вы начинаете наблюдать нарушения в состоянии здоровья?
7. Каковы международные нормы для продуктов питания?
8. Какую опасность представляет плутоний?
9. До каких пор мы можем употреблять в пищу продукты с допустимыми уровнями загрязнения?
10. Что вы думаете о концепции 35 бэр (350 мЗв) и считаете ли вы безопасным этот уровень?
11. Будет ли представлено общее мнение ученых и врачей относительно безопасности проживания в зонах строгого контроля?
12. Кто может определить общую дозу облучения от радионуклидов, которую здесь получают люди за день? (Я имею в виду из воздуха, пищевых продуктов и воды в настоящее время).

13. Почему безопасно проживать здесь, в 300 м от 30-км зоны, и небезопасно проживать внутри 30-км зоны?

14. Каким образом и на какой основе в настоящее время определяется накопление радионуклидов у лиц, проживающих в зоне высокого риска, учитывая условия работы: например, у таких лиц, как шоферы, трактористы, строители, служащие?

15. Вы сказали, что не можете обследовать 250 000 человек, что соответствует действительности. Но вы обратились к нам за помощью. Прошло уже четыре года после аварии, и только в течение последних двух лет действуют стационарные лечебные учреждения. Врачи, которые приехали сюда в первые два года после аварии, никогда не упоминали о радиации в связи с заболеваниями, что свидетельствует о недостоверности этих данных. Будете ли вы принимать во внимание эти данные? Может быть, было бы лучше воспользоваться непредвзятыми данными, полученными до аварии.

16. Ваше исследование отрицательно повлияет на возможность переселения из района. Переселяемые группы: (а) те, кто хочет уехать, (б) те, кто остается, (в) те, кто не принял решения.

17. Нас предупредили, что мы не должны задавать вопросы, на которые нельзя ответить, так зачем же мы теряем время?

18. В отношении иммунной системы: до 1986 г. никто не занимался исследованием иммунной системы; после 1986 г. исследования проводились выборочно; в период с 1987 по 1989 гг. не все дети были обследованы. Вывод: отсутствуют данные, на основании которых можно было бы провести сравнение. В отношении щитовидной железы: до аварии йодная профилактика не проводилась. Как вы предполагаете определить, какие имеющиеся здесь изменения являются естественными для этого района, а какие — последствием загрязнения?

19. Комарин находится на расстоянии 30 км от Чернобыльской атомной станции. Можно ли проживать в этом районе, где имеются следующие уровни облучения:

    (1) Плутоний — в десять раз выше, чем в Брагине;
    (2) Тяжелые металлы;
    (3) "Горячие" частицы?

    Ветры со стороны Чернобыльской атомной станции дуют преимущественно в направлении Комарина. Со временем доза облучения накапливается. Страдает здоровье детей, и возрастает количество жалоб, относящихся к щитовидной железе и другим органам.

20. У нас в Брагине есть памятник Чернобылю — дом, в котором никто не живет на первом этаже; на втором и третьем этажах живут дети, взрослые и пожилые люди.

    Скажите мне, пожалуйста, можно ли жить в этом доме с психологической точки зрения, хотя даже уровни радиации и неодинаковы в различных помещениях дома?

21. Что думает психолог по поводу того, что наших детей на каникулы отправляют за тысячи километров, без родителей, на целый месяц, более того, — в опасный, с точки зрения межнациональной напряженности регион, в частности, в Грузию? И это продолжается уже четыре года.

22. Не могли бы вы проверить у нас питьевую воду? Уровень радиации в ней очень высок, и это от нас скрывают.

23. Вам нужны факты? Вот они: обследование детей в детском саду номер 1 в Брагине показало следующее:

    — в 1985 г. из 150 обследованных детей у 14 обнаружили патологические изменения щитовидной железы;
    — в 1989 г. патологические изменения имелись у 65 из 150 детей.

24. Не могли бы вы провести исследование, какое влияние оказывает облучение на психическое и умственное развитие детей, которые были зачаты и родились в существующих условиях, а также ответить на вопрос, вызвано ли облучением увеличение частоты судорожных приступов у детей?

25. Известен ли международной общественности тот факт, что 26 апреля состоится благотворительный телемарафон для оказания помощи пострадавшим в результате чернобыльской аварии?

26. Представителям Министерства атомной энергетики и промышленности СССР:

    К какой группе облученных лиц относятся жители Брагина после аварии на Чернобыльской атомной станции — А, Б или В?

27. Каково ваше мнение относительно того факта, что данное исследование начинается через четыре года после аварии? Я считаю,

что потеряно много времени, особенно с учетом того факта, что дозы облучения в первые несколько дней после аварии были в несколько сот раз выше тех, которые имеются сейчас, но они не были зарегистрированы.

28. Д-ру Ф.А. Меттлеру:

Существует ли реальная возможность представления объективной информации по состоянию здоровья детей, если практически по этой проблеме не проводилось никаких исследований до 1986 г., и в период с 1986 по 1989 гг. не все дети были обследованы, хотя сообщалось о 100-процентной диспансеризации детей?

29. Какое расстояние должно быть между отселенной зоной и районами проживания? В частности, вокруг Брагина?

30. Возможно ли проживание в радиусе 21 км от Чернобыльской атомной электростанции? (Вопрос жителей Комарина, Брагинского района).

31. Как вы объясняете тот факт, что у детей, обследованных в Минске, был нарушен иммунитет? Отмечались низкие уровни гемоглобина, лейкоцитов, на 50% снизилась острота зрения. Практически у всех обследованных детей имелись патологические изменения со стороны печени.

Веприн, БССР, 28 марта 1990 г.

Вопросы и высказывания жителей города:

1. Известно ли вам, какова плотность загрязнения у нас, в Веприне? Можно ли проживать в районе, где земля загрязнена такими радионуклидами, как цезий-137? В официальных заявлениях было подчеркнуто, что семьи, в которых есть дети младше 14 лет и беременные женщины, будут эвакуированы до 1 апреля 1990 г., но мы по-прежнему находимся здесь. Справедливо ли с нами поступают?

2. Могут ли люди в настоящее время проживать в загрязненном районе в зависимости от категории его загрязнения? Не могли бы вы разъяснить положение по каждому району и представить данные по уровню загрязнения в:

(i) Веприне;
(ii) Грокове;
(iii) Устье и
(iv) лесах, окружающих эти деревни.

3. Можно ли уменьшить воздействие облучения на обмен веществ у человека с помощью механических или физических методов?

4. (а) Каков максимально допустимый уровень загрязнения продуктов питания в США, Англии, Австрии, Японии? Сообщите, пожалуйста, о конкретных значениях в Ки/кг (Бк/кг) в продуктах (мясо, молоко, овощи).
(б) Какова причина частых ощущений головокружения, носовых кровотечений и т. д.?
(в) Не может ли случиться так, что к тому времени, когда вы подготовите свои заключения о возможности безопасного проживания, в этом районе никого не останется? Когда можно ознакомиться с вашими заключениями?

5. В вашу программу исследований следует включить следующий вопрос. Можно ли использовать древесину из наших лесов для строительства домов, детских учреждений и т. д.?

6. Комиссия ООН, занимающаяся последствиями в Хиросиме, подчеркнула, что максимальная распространенность анемии наблюдалась через пять–шесть лет после взрыва атомной бомбы, максимальная частота онкологических заболеваний — через 30–40 лет, а генетические нарушения наблюдаются до сегодняшнего дня. Каково ваше мнение по этой проблеме с учетом Чернобыля?

7. Д-ру М. Розену:

Люди обманывали нас пять лет. Скажете ли Вы нам правду? Верите ли Вы ученым БССР? Будут ли зарубежные ученые прилагать усилия, чтобы призвать к ответу тех людей, которые вводили нас в заблуждение в этой ситуации?

8. Могут ли радионуклиды переноситься по поверхности земли, а если могут, то как и с какой скоростью это происходит? (Вопрос от представителей райисполкома г. Коситюковичи).

9. Можно ли иметь детей в районе, где уровень загрязнения составляет 15 Ки (555 ГБк) или выше?

10. Д-ру А.Дж. Гонзалесу:

Профессор Л.А. Ильин упорно пытается убедить нас в том, что безопасно проживать в районе, где уровнь загрязнения составляет 35 бэр (350 мЗв). Каковы обще-

принятые нормы и уровни в бэрах (зивертах) в Западной Европе, США, Японии и других высокоразвитых странах? Местная пресса утверждает, что они не превышают 7 бэр (70 мЗв)? Так ли это?

11. От имени жителей Быховского района Могилевской области я хотел бы спросить, возможно ли, с учетом эффекта малых доз облучения на обмен веществ у человека, продолжать жить в нашем районе, где уровни загрязнения составляют от 1 до 12 Ки/км^2 (от 37 кБк/м^2 до 444 кБк/м^2). (Вопрос Т.Солоновича, председателя Быховского райисполкома).

12. Записка д-ру М. Розену:

    В целях повышения доверия к вашим специалистам, мы считаем, что было бы целесообразным открыть лабораторию в нашем районе и оборудовать ее приборами из США, Японии и других стран, в которой бы проводилась проверка сельскохозяйственной и животноводческой продукции на содержание радионуклидов: цезия, стронция-90, плутония и других. Это позволило бы нам проводить более точное и постоянное наблюдение за переносом радионуклидов в окружающей среде и их наличием в продуктах питания (подписана Григорием Леоновичем Бобковым, первым заместителем председателя РАПО).

13. В Чернобыльском районе было представлено следующее стихотворение (на русском языке):

    Чернобыля рана зияет
    И болью в висках отдает,
    Смерть смертью над нами порхает
    И в темную бездну зовет.
    Уходим один от другого,
    На тот свет покорно спешим.
    Где Бог? Видно, нету такого,
    Иначе не сеялся б дым!

    Пустынные пущи застыли,
    Пустынно пылятся пути,
    Как проклятых, нас позабыли,
    В кандальных цепях нам брести.

    Все — смертники! В это уж верим,
    Подопытным кроликом став,
    Считал человек не потери —
    Успех зарубежных держав.
    И вот вертолеты летают —
    ООН, МАГАТЭ и других.
    Поверженный житель встречает
    И потчует горем, как псих...

    Но это одни только строчки.
    Нет жалости к нам на Земле.
    Она докатилась до точки,
    Чтоб мы исчезали во мгле.
    — О, люди! Правители судеб,
    Сегодня у нас вы в гостях,
    А завтра?...
    Вас Веприн забудет,
    Оставшись на смертных костях.

Корма, БССР, 28 марта 1990 г.

Вопросы и высказывания жителей города:

1. Как долго будут действовать "временные предельно допустимые концентрации" радиоактивных веществ в продуктах питания? По моему мнению, все "временное" доверия не заслуживает.

2. Почему вас так интересует, как решаются вопросы здравоохранения в районной больнице? Чем занимаются наши научно-исследовательские институты? Почему не был открыт гематологический центр в Гомеле к приезду японских специалистов в 1987 г.? (Вопрос журнала "Огонек", март 1990 г.)

3. Мы хотели бы получить ответы в краткой, но доступной для понимания форме.

4. Кто финансирует работу комиссии?

5. Почему эта встреча происходит именно сегодня?

6. Мы, жители населенного пункта Городок, просим вас изучить радиационную обстановку в нашем населенном пункте и сказать нам правду о ней.

7. Принимаются ли во внимание при определении общей дозы все элементы или только цезий?

8. Что вы думаете о концепции "35 бэр (350 мЗв) за 75 лет" как о безопасном пределе дозы в течение жизни?

9. Можно ли проживать в зоне с загрязнением более 5 Ки/км^2 (185 кБк/м^2), если у человека имеется заболевание щитовидной железы третьей степени?

10. Каково ваше мнение о концепции Л.А. Ильина "35 бэр (350 мЗв) за 75 лет"? И что вы думаете о подходе, выбранном учеными БССР? (Вопрос делегации Гомельской областной ассоциации врачей.)

11. (1) Связаны ли с облучением заболевания лимфатических сосудов, и, в частности, лимфатических узлов?
(2) Какие заболевания могут быть вызваны "горячими" частицами?

12. В период проявления эффектов облучения у населения отмечалось значительное нарушение зрения и памяти.

13. Какие уровни радиации можно обнаружить в настоящее время в Хиросиме и Нагасаки в тех зонах природной среды, которые, в основном, остались незагрязненными, допуская, конечно, что такие зоны существуют?

14. Если дозы облучения небольшие, то как объяснить тот факт, что наблюдаются выраженные соматические нарушения у детей и даже у взрослых?

15. Что следует сделать с территорией, где плотность загрязнения превышает 40 Ки/км^2 (1,48 МБк/м^2)?

16. Можно ли проводить параллели между авариями в Гоянии и в Чернобыле? С учетом вашего опыта и выводов об аварии в Бразилии, можно ли было в 1986 г. предвидеть, скажем, 50% последствий, наблюдавшихся после нашей аварии? Обращались ли к вам правительства СССР или БССР в 1986 г.?

17. Вы носите индивидуальные дозиметры? Каковы их показания в настоящее время?

18. Существуют ли в Западной Европе или США определенные критерии оценки ущерба, нанесенного здоровью облучением? Если да, то какой имеется общий показатель в бэрах (зивертах)? Были ли такие случаи, когда выплачивалась денежная компенсация?

19. (1) Какой смысл имеет вывоз детей из зоны жесткого контроля в другие районы на 24 дня, если отсутствуют учреждения для медицинского обследования и лечения в тех местах, куда их направляют?
(2) Какой реабилитационный период, по мнению докторов, был бы оправдан для работающих в нашей зоне?
(3) Могли бы вы предложить какой-то определенный временный рецепт приемлемого рациона питания и образа жизни в ожидании выхода заключительного доклада, чтобы в дальнейшем придерживаться какой-либо концепции, т. к. здесь почти полностью отсутствуют приборы и средства контроля.
(4) Имеются ли у вас какие-либо данные или информация, на основании которых можно было бы точно определить возможность проживания в нашей зоне?

20. Мы обеспокоены состоянием здоровья наших детей. Просим, если это возможно, организовать более тщательное их обследование и дать рекомендации по их дальнейшему безопасному проживанию в нашей зоне.

21. Здесь, в Корме, уровень загрязнения достигает 18 Ки/км^2 (666 кБк/м^2). Можете ли вы, на основании только данной информации, точно определить, безопасно здесь проживать или нет?

22. Можно ли жителям нашей зоны переехать в районы с иными климатическими условиями, т. е. переехать на постоянное жительство на юг или на север?

23. (1) Где проводится определение уровней стронция-90 и плутония?
(2) Существуют ли предельно допустимые уровни для стронция-90 и плутония? Где можно с ними ознакомиться?
(3) Какое воздействие оказывает плутоний на человеческий организм?

24. Каким медицинским оборудованием для обследования населения вы располагаете?

25. (1) Имеется ли в природе радионуклид калий-40? Правда ли, что при определении содержания радионуклидов в продуктах питания калий-40 не учитывается?
(2) До сих пор продукты питания проверяются только на содержание цезия, но ведь в них, наверное, имеются и другие элементы?

26. Какую дозу облучения получает человек за счет естественного фона излучения?

27. Все животные заботятся о своем потомстве. Нас волнует вопрос о последствиях аварии для будущих поколений, потомков наших детей и внуков.

28. Входит ли в программу комиссии обследование каждого населенного пункта в районе или предусматривается обследование только тех населенных пунктов, которые должны быть переселены?

29. Когда (укажите точную дату) вы получили официальное приглашение нашего правительства приехать сюда?

30. "Если бы у всех жителей рацион питания состоял только из продуктов, произведен-

ных в Чернобыльском районе, то они получили бы только дозу 7 мбэр (0.07 мЗв) в год — другими словами, только 10% от предельно допустимой годовой дозы. Это — абсолютно безопасно!'' Это заявление сделал профессор Л.А. Булдаков. Как вы считаете, насколько это соответствует действительности?

31. Каковы принятые международные максимально допустимые концентрации цезия-137 и стронция-90 в Ки/кг (Бк/кг) в молоке и мясе?

32. Нас интересует, главным образом, наше будущее и будущее наших детей. Поэтому мы ожидаем, что вы расскажите нам правду и представите реальное описание сложившейся ситуации. Сколько времени вы планируете работать в нашем районе?

33. Какие предельные дозы установлены в различных странах за рубежом для населения в условиях аварии на АЭС (как для внешнего облучения, так и поступления радионуклидов в организм с продуктами питания)?

34. Изучение радиационной обстановки в нашем районе потребует определенного времени, а имеющиеся уровни облучения достаточно высоки. Какие меры профилактики нам порекомендуют предпринять специалисты в ближайшем будущем?

35. Как отразились поздние последствия атомной бомбардировки Хиросимы и Нагасаки на состоянии здоровья людей?

36. Существует распространенное мнение о том, что алкогольные напитки способствуют выведению цезия и стронция из организма. Что вы думаете по этому поводу?

37. Какие имеются сведения о воздействии облучения на половую потенцию у человека?

38. Считаете ли вы оправданным такое положение дел, когда ученые в течение четырех лет спорят о различных концепциях, но не приходят к каким-либо реальным решениям? Не является ли это скорее преступлением против миллионов людей, которых против их воли превратили в подопытных кроликов?

39. Почему сотрудники школ и детских садов должны проходить рентгенологические обследования чаще людей других профессий? Действительно ли учителя являются ''особыми'' людьми?

40. Совсем недавно в медицинской документации открыто не писался диагноз (диагноз указывался с помощью кода). Считаем, что это делается для того, чтобы скрыть диагноз от больного.

41. Из-за отсутствия подробных сведений о радиационной обстановке в зоне с загрязнением 5–15 Ки/км^2 (185–555 кБк/м^2) и выше, переселение жителей района Буда-Кошелево по своим масштабам напоминает лавину. В настоящее время важное значение имеет представление исчерпывающей информации тем людям, которые торопятся — информации, которая касается, в частности, места их проживания. Любая отсрочка в этой важной работе будет, по-видимому, означать то, что когда информация поступит, она уже никому не будет нужна. Что предпринимается и что планируется предпринять по этой важной проблеме?

42. Нам бы хотелось иметь ваш доклад в нашем районе. С вашего разрешения мы приложим усилия для ознакомления с вашими заключениями возможно большего количества людей.

43. Какая возможность имеется у нас — жителей районов жесткого контроля — вырастить нормальных, жизнеспособных детей, когда фактически через четыре года у них уже имеются различные заболевания, в том числе изменения щитовидной железы, дефицит железа в организме, анемия и все формы нарушений со стороны дыхательной системы, а также гипотония?

44. Профессор Д. Попов утверждает, что в районах, где выпали радиоактивные осадки, автоматически возникли благоприятные условия, в которых люди могут получать терапевтические дозы цезия, которые в большей или меньшей степени эквивалентны таковым при приеме радоновых ванн. Что вы думаете по поводу этого заявления?

45. Каковы фактические предельно допустимые уровни загрязнения цезием для безопасного проживания в районе? В Чериковском районе имеются зоны с загрязнением 5–15 Ки/км^2 (185–555 кБк/м^2), а другие — с загрязнением 15–40 Ки/км^2 (555–1480 кБк/м^2) и даже выше. Мы хотим знать только одно — безопасно ли проживание там?

46. Полезно ли в наших условиях употреблять красное вино в умеренном количестве?

Гомель, БССР, 29 марта 1990 г.

Встреча с представителями органов власти Гомельской области и членами Верховного Совета БССР.

Просьбы:

1. Изучить проблемы концепции безопасного проживания.
2. Хотели бы получить совет и рекомендации по сельскому хозяйству. Бессмысленно жить на земле и не работать.
3. Медицинские и социальные аспекты, связанные с проживанием в загрязненных районах.
4. Хотели бы получить более подробные рекомендации по тому, как продолжать жить в загрязненных районах.
5. Проанализируйте существующие подходы и методологии, которые используются для расчета дозы облучения во время медицинских обследований.
6. Выполните параллельно исследование состояния окружающей среды и здоровья людей.
7. Заключение о том, насколько мы были правы или ошибались.
8. Хотели бы сотрудничать на долговременной основе. Хотели бы увидеть стационарные лаборатории и передвижные клинические лаборатории, обмен информацией и подготовку врачей.
9. Установить долгосрочное сотрудничество и контакты для изучения существующей ситуации.
10. Эксперты по радиоэкологии, радиобиологии, радиационной медицине, экологии.
11. Контакты с ФАО, ВОЗ, КЕС, МАГАТЭ.
12. Обмен информацией по авариям на других атомных электростанциях.
13. Подробные данные по регионам мира с наиболее значительным загрязнением.
14. Практическая помощь.

Новозыбков, РСФСР, 29 марта 1990 г.

Вопросы и высказывания жителей города:

1. Знаете ли вы о существовании концепции 35 бэр (350 мЗв), которая, согласно утверждениям, безопасна для нас? У нас имеются сложности в определении места размещения радиологического центра — в загрязненном или в незагрязненном районе.
2. Какие вы можете дать рекомендации по физической подготовке детей? Следует ли им заниматься физическими упражнениями в помещении и могут ли они выполнять специальные упражнения?
3. Мы много слышали о профессиональном и медицинском облучении. Но когда эти люди возвращаются домой, они перестают подвергаться облучению. Мы не можем не облучаться здесь. Можем ли мы так жить?
4. Меня волнует только одна проблема. Я — пожилой человек, но у меня есть внуки, и я обеспокоен за них. У нас имеется научно-исследовательский институт, и нам все время говорят, что удаление верхнего слоя почвы было достаточным, и что в дальнейшем люди могут выращивать продукты питания и употреблять их, и это не повредит их здоровью. Нам говорили, что это настолько же полезно для здоровья, как поездка на юг (Черное море). Вчера в одной из газет была опубликована еще одна статья, которая называлась "Катастрофа", и под ней поставили подписи 92 врача, которые заявили, что проживание здесь безопасно. Более того, они написали, что врачи БССР не были квалифицированными и не заслуживают доверия. Концепцию этих "неквалифицированных" врачей, которые считали небезопасным проживание здесь, разделяли врачи из Франции.
5. По каким параметрам можно сравнить Хиросиму и Нагасаки с Чернобылем?
6. Пожалуйста, дайте мне рекомендации по следующему поводу:

   29 апреля 1986 г. произошло выпадение радионуклидов на строившийся дом. Выполненные в настоящее время измерения на уровне пола показали, что имелся уровень облучения 60–90 микрорентген (15,5–23,2 нКл/кг) в час, в то время, как норма составляет 10–20 (в Москве 7–14). Представители местных органов власти предлагают его просто забетонировать, но до этого необходимо провести его дезактивацию, т. е. вымыть, а затем следует наложить покрытие (железо, фольга, порошок и др.). Какие виды покрытия вы порекомендовали бы использовать до бетонирования? (Вопрос И. Заречного).

7. Вы говорите о естественном облучении, которому мы подвергаемся. Однако, кроме того мы также подвергаемся воздействию плутония, стронция и цезия в результате чернобыльской аварии. Мы бы хотели узнать об этом и о воздействии именно этих элементов: на рабочем месте — 0,015 мКи (555 кБк), дома — 0,015 мКи (555 кБк), атмосферный фон — 0,097 мКи (3,59 МБк), не говоря об облучении при употреблении пищевых продуктов. Сколько метаболитов должно накопиться, чтобы человек заболел?
8. Возможно ли то, что случаи повышенной утомляемости, головных болей и болей в суставах, имеющиеся у населения нашей загрязненной зоны, связаны с радиационной обстановкой?
9. Вопрос к врачам: У меня очень болят ноги. Когда я поднимаюсь вверх, я чувствую сильную слабость в ногах и не могу дальше идти. За последний месяц у меня удалили три зуба и дважды я не могла пойти на работу (Вопрос Розы Огловлиша).
10. (а) Каждый из находящихся в этой аудитории получил дозу облучения. Является ли такой человек источником радиации и излучает ли он ее?
    (б) Можно ли заниматься сельскохозяйственными работами на земле, где уровень загрязнения по цезию составляет 30–40 мКи/км^2 (1,11–1,48 кБк/м^2)?
11. Можно ли использовать продукты питания и товары легкой промышленности местного производства? Мы употребляем продукты питания со своих приусадебных участков. На какой минимальный срок следует вывезти детей из зоны для выведения радиоактивных веществ из их организма? Какое воздействие оказывают радиоактивные вещества на последующие поколения?
12. Могут ли жители нашего населенного пункта проводить летние отпуска в южных районах страны? В Крыму? На юге?
13. Происходят ли по-прежнему выбросы из Чернобыльского реактора? Если да, то какой эффект они оказывают здесь?
14. Если мы будем переселены в "чистый" район, то полностью ли будут выведены из организма радиоактивные вещества, которые накопились при обмене веществ за четыре года, и какой период времени для этого потребуется? Существуют ли препараты или лекарства, выводящие радиоактивные вещества из организма?
15. Уменьшается ли доза облучения, полученная человеком, если он переезжает в "чистую" зону? Если да, то какой период времени требуется для этого у детей и взрослых людей?
16. Существуют ли лекарственные препараты, выводящие радионуклиды из организма человека? Если они существуют, то почему они не применяются в нашей зоне?
17. За четыре года проживания в зоне Р3 у моего сына увеличились лимфатические узлы и щитовидная железа (второй степени). Мы принимаем гормональные препараты в связи с изменениями щитовидной железы. У моего второго сына постоянно наблюдаются головные боли и носовые кровотечения. К каким последствиям это может привести? Можем ли мы действительно по-прежнему здесь проживать? До этого дети были здоровы (вопрос Н.И. Ивановой).
18. В 1986 г. большое количество минеральных удобрений, содержащих кальций и азот, было использовано на полях. Какой эффект это оказало или может оказать на состояние здоровья людей?
19. У моей дочери, 38 лет, появились приступы удушья (когда она ложится спать), чувство слабости и повышенной утомляемости. Когда ей проводили ультразвуковое обследование, у нее обнаружили узловой зоб с множеством узелков в обеих долях щитовидной железы. В Московском институте радиологии ей сказали, что единственной возможностью излечения является полное удаление обеих долей щитовидной железы. Ей рекомендовали до мая принимать тиреоидин; но у этого препарата имеются выраженные побочные эффекты — ужасные сердцебиения и значительное повышение кровяного давления (по сравнению с нормальным уровнем до приема препарата). Мы слышали, что в Америке существует лекарственный препарат, который "рассасывает" узловой зоб. Если вам что-либо известно по этому поводу, пожалуйста, скажите, правда ли это, как называется этот препарат и где и каким образом его можно достать? Она — мать двоих детей (одному ребенку 14 лет, другому — 4 года), и у них тоже есть узелки в щитовидной железе, хотя их меньше, чем у матери. У каждого члена нашей семьи имеется узловой зоб второй или третьей степени. До чернобыльской аварии мы даже никогда не слышали о зобе!

Я готова прийти, чтобы получить личную консультацию (Подпись: Елизавета Николаевна Тарасова, Новозыбков).

20. Связана ли высокая распространенность гинекологических заболеваний у женщин здесь, в Новозыбкове, с последствиями облучения? В течение месяца в 42 случаях наблюдались внематочные беременности, происходят выкидыши.

21. Я проработала в рентгенологическом отделении около 15 лет, до 1982 г. В 1983 г. у меня родилась дочь. У моей дочери увеличена щитовидная железа, с 1986 г. увеличение щитовидной железы отмечается и у меня. В 1987 г. в Минске в научно-исследовательском институте мне предложили сделать операцию. Какой вред могло нанести мне это воздействие рентгеновского излучения и какой опасности подвергается моя дочь, проживая в зоне высокого риска? Должны ли мы переселиться в кратчайший срок? И у моей дочери и у меня имеется много заболеваний. Что нам следует делать? Пожалуйста, посоветуйте мне.

22. Можем ли мы использовать местные продукты питания, когда весь район подвергся радиоактивному загрязнению, и можем ли мы их выращивать в этом сельскохозяйственном районе?

23. Если, как вы нам говорите, здесь все нормально, то почему представители органов власти отсюда потихоньку уезжают?

24. Согласно исследованиям, проведенным в детском саду московским научно-исследовательским институтом, детям до 14 лет необязательно проводить анализ крови и мочи. Что вы на это скажете? Были ли предоставлены дополнительные льготы людям, проживающим в загрязненном районе, и что это были за льготы?

25. Пожалуйста, расскажите нам об аналогичных авариях на атомных электростанциях. В частности, какие меры в загрязненных районах были предприняты правительствами для ликвидации последствий аварии? Были ли предоставлены дополнительные льготы людям, проживающим в загрязненном районе, и что это были за льготы?

26. (1) Что вы думаете о точке зрения д-ра Д.К. Попова из Ленинградского научно-исследовательского института радиационной гигиены (руководитель — профессор П.В. Рамзаев), который длительное время жил в Новозыбкове и утверждает, что облучение в этом районе не представляет опасности для людей?
(2) Как радиоактивные вещества выводятся из организма, если человек из загрязненной зоны переехал в чистую?
(3) Если в СССР существует район, который в настоящее время не загрязнен (например, Витебская область), то возможно ли, что через какое-то время в будущем радиоактивное загрязнение появится там в результате аварии на Чернобыльской атомной электростанции? (Подпись: Александр Житницкий).

Злынка, РСФСР, 30 марта 1990 г.

Вопросы и высказывания жителей города населенного пункта:

1. Выступление профессора П.В. Рамзаева, Ленинградский научно-исследовательский институт радиационной гигиены, Комиссия по радиационной защите, помощник министра здравоохранения РСФСР, ответственный за проведение работ в Брянской области.

2. Существуют также и социальные проблемы: (1) отсутствие дорог с асфальтовым покрытием, (2) дома без водопровода, (3) отсутствие дров и угля для отопления, (4) молоко и мясо поступают из других районов, а овощи мы выращиваем самостоятельно. Какое будущее ожидает наших детей? Мы думаем, что ваш доклад будет отличаться от доклада нашего уважаемого коллеги из Ленинграда.

3. После того, как я услышал о Хиросиме и Нагасаки, у меня появились ночные кошмары. Четыре года назад этот ночной кошмар стал действительностью. Я волнуюсь за своих детей. Один ученый говорит о том, что никакой проблемы не существует, а другой подсчитывает, сколько дней нам осталось жить.

4. Кого конкретно обследовали на содержание в организме радиоактивных веществ, и где это происходило? Я был бы признателен, если бы вы смогли назвать хотя бы одного жителя Злынки и того, кто проводил исследование.

5. Мы не доверяем сведениям, представленным профессором П.В. Рамзаевым. Мы хотели бы попросить комиссию проверить эти данные и дать нам ответ (от группы молодых матерей Злынки).

6. Возможно ли проживание в районе, где плотность радиоактивного загрязнения достигает 40 Ки/км^2 (1,48 МБк/м^2), а все другие условия жизни аналогичны тем, в которых живете вы, т. е. нормальные?

7. Если загрязнение в огороде приближается к показателям такого порядка, то можно ли не сомневаться: сажать овощи или нет? В 1987 г. я провел проверку девять раз, но не получил ни одного удовлетворительного ответа на свой вопрос.

Список участников Международного чернобыльского проекта

Содержание

Члены Международного консультативного комитета 697

Участники предварительного совещания по осуществлению Проекта 704

Участники поездки для сбора данных 705

Эксперты-участники Проекта 707

Группы поддержки 731

Участники конференций по принятию решений 737

Список участников Международного чернобыльского проекта

Члены Международного консультативного комитета

Первое заседание: УССР, г. Киев, 23–24 апреля 1990 г.
БССР, г. Минск, 26–27 апреля 1990 г.

Второе заседание: Вена, 18–22 марта 1991 г.

Члены Комитета

Anspaugh, L.R.
Environmental Sciences Division,
Lawrence Livermore National Laboratory,
Livermore, California, USA

Bar'yakhtar, V.G.
Vice-President,
Academy of Sciences of the UkrSSR,
Kiev, UkrSSR

Bennett, B.G.
United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, Vienna;
United Nations Environment Programme,
Nairobi

Coppee, G.H., MD *(second meeting only)*
International Labour Organisation,
Geneva

Coulon, R.
Institut de protection et de sûreté nucléaire,
Commissariat à l'énergie atomique,
Fontenay-aux-Roses, France

Fry, F.
National Radiological Protection Board,
Chilton, United Kingdom

Gheorghiev, G.K. *(first meeting only)*
Policy and Nutrition Division,
Food and Agriculture Organization of the United Nations,
Rome

Gubanov, V.A. *(second meeting only)*
State Committee of the Council of Ministers of the USSR on the Rectification of the Consequences of the Chernobyl Accident,
Moscow, USSR

Jovanovich, J.
Department of Physics, University of Manitoba,
Winnipeg, Manitoba, Canada

Kelly, N.G.
Directorate General for Science, Research and Development,
Commission of the European Communities,
Brussels

Kuramoto, A., MD
Research Institute for Nuclear Medicine and Biology,
Hiroshima University Hospital,
Hiroshima, Japan

Lee, T.R.
Department of Psychology, University of St. Andrews,
St. Andrews, United Kingdom

Mettler, F.A., Jr., MD
Department of Radiology, School of Medicine,
University of New Mexico,
Albuquerque, New Mexico, USA

Rosen, M. *(Vice-Chairman)*
Assistant Deputy Director General,
Director of the Division of Nuclear Safety,
International Atomic Energy Agency,
Vienna

Salo, A.
(Formerly) Surveillance Department,
Centre for Radiation and Nuclear Safety,
Helsinki, Finland

Shigematsu, I. *(Chairman)*
Radiation Effects Research Foundation,
Hiroshima, Japan

Smales, E., MD *(first meeting only)*
(World Health Organization representative)
Department of Health and Social Security,
London, United Kingdom

Steinhäusler, F.
Institute of General Biology, Biochemistry and Biophysics,
University of Salzburg,
Salzburg, Austria

Stepanenko, A.V.
Vice-President, Academy of Sciences of the BSSR,
Minsk, BSSR

Voloshchuk, V.V. *(second meeting only)*
RSFSR State Committee on the Rectification of the Consequences of the Chernobyl Accident,
Moscow, RSFSR

Waight, P. *(second meeting only)*
World Health Organization,
Geneva

Руководители работ по направлениям

Задача 1 (Часть В)

Carnino, A. *(from September 1990)*
Direction générale, Electricité de France,
Paris, France

Kenneke, A. *(until August 1990)*
Office of Governmental and Public Affairs,
Nuclear Regulatory Commission,
Washington, DC, USA

Задача 2 (Часть Г)

Steinhäusler, F.
Institute of General Biology, Biochemistry and Biophysics,
University of Salzburg,
Salzburg, Austria

Valkovic, V. *(Co-ordinator for laboratory analyses and intercomparison exercises)*
IAEA Laboratory,
Seibersdorf

Задача 3 (Часть Д)

Anspaugh, L.R.
Environmental Sciences Division,
Lawrence Livermore National Laboratory,
Livermore, CA, USA

Bennett, B.G. *(Co-leader)*
United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, Vienna;
United Nations Environment Programme,
Nairobi

Bouville, A. *(Co-leader)*
Environmental Measurements Laboratory,
National Cancer Institute,
United States Department of Energy,
New York, NY, USA

Задача 4 (Часть Е)

Lee, T.R. *(Co-leader for psychological studies)*
Department of Psychology,
University of St. Andrews,
St. Andrews, United Kingdom

Mettler, F.A., Jr., MD
Department of Radiology,
University of New Mexico,
Albuquerque, NM, USA

Parr, R. *(Co-leader for nutritional studies)*
International Atomic Energy Agency,
Vienna

Задача 5 (Часть Ж)

Hedemann Jensen, P.
Safety Department,
Risø National Laboratory,
Roskilde, Denmark

Kelly, N.G. *(Co-leader for decision conferences)*
Directorate General for Science, Research and Development,
Commission of the European Communities,
Brussels

Секретариат

Anderer, J.
Asculai, E. *(Scientific Secretary)*
Congdon, M.
Crick, M.J.
Dreicer, M. *(Project Manager)*
González, A.J.
Griffith, R.
Mrabit, K.
Ouvrard, R.
Skornik, K.

Консультанты

Cooper, E.
IAEA Laboratory,
Seibersdorf

Danesi, P.
IAEA Laboratory,
Seibersdorf

Duncan, K.
(Formerly) National Radiological Protection Board,
Westfield, United Kingdom

Kenneke, A. *(until August 1990)*
Office of Governmental and Public Affairs,
Nuclear Regulatory Commission,
Washington, DC, USA

Lochard, J.
Centre d'étude sur l'évaluation de la protection dans le domaine nucléaire,
Commissariat à l'énergie atomique,
Fontenay-aux-Roses, France

Núñez, J.
Centre for Radiation Protection and Hygiene,
Executive Secretariat for Nuclear Affairs,
Havana, Cuba

Osborne, R.
Chalk River Nuclear Laboratories,
Atomic Energy of Canada Ltd,
Chalk River, Ontario, Canada

Parr, R.
International Atomic Energy Agency,
Vienna

Valkovic, V.
IAEA Laboratory,
Seibersdorf

Wachholz, B.W.
National Cancer Institute,
Bethesda, MD, USA

Советники советских членов Комитета *(второе совещание)*

To V.G. Bar'yakhtar

Bobyleva, O.A.
Department of Radiation Hygiene of the
Ministry of Health of the UkrSSR,
Kiev, UkrSSR

Grodzinskij, D.M.
Institute of Botanics of the
Academy of Sciences of the UkrSSR,
Kiev, UkrSSR

Likhtarev, I.A.
All-Union Scientific Centre for Radiological Medicine
of the Academy of Medical Sciences of the USSR,
Kiev, UkrSSR

To V.A. Gubanov

Belyaev, S.T.
I.V. Kurchatov Institute of Atomic Energy of the
Ministry of Atomic Power and Industry of the USSR,
Moscow

Buldakov, L.A.
Institute of Biophysics of the Ministry of Health
of the USSR;
National Commission on Radiation Protection,
Moscow

Gordeev, K.I.
Institute of Biophysics of the Ministry of Health
of the USSR;
National Commission on Radiation Protection,
Moscow

Il'in, L.A.
Institute of Biophysics of the Ministry of Health
of the USSR,
Moscow

Khudyakov, A.N.
Department of International Organizations of the
Ministry of Foreign Affairs of the USSR,
Moscow

Kurchenko, G.P.
Council of Ministers of the USSR;
USSR State Commission for Foodstuffs and Supplies,
Moscow

Lutsev, S.D.
State Committee of the Council of Ministers of the USSR
on the Rectification of the Consequences of the
Chernobyl Accident,
Moscow

Moskvitchev, A.M.
Deputy Minister of Health of the USSR,
Moscow

Penyagin, A.N.
Subcommittee on Nuclear Safety;
Deputy, Supreme Soviet of the USSR,
Moscow

Sokolov, V.A.
State Committee of the Council of Ministers of the USSR
on the Rectification of the Consequences of the
Chernobyl Accident,
Moscow

Tsaturov, Yu.S.
USSR State Committee for Hydrometeorology,
Moscow

To A.V. Stepanenko

Efremenkov, V.M.
BSSR State Committee on the Consequences of the
Chernobyl Accident,
Minsk, BSSR

Rolevich, I.V.
Institute of Radiobiology of the Academy of Sciences
of the BSSR,
Minsk, BSSR

Stezhko, V.A.
Ministry of Health of the BSSR,
Minsk, BSSR

To V.V. Voloshchuk

Belyaev, E.N.
Ministry of Health of the RSFSR,
Moscow

Gasilina, N.K.
USSR State Committee for Hydrometeorology,
Moscow

Ramzaev, P.V.
Leningrad Scientific Research Institute for
Radiation Hygiene of the Ministry of Health
of the RSFSR,
Leningrad, RSFSR

Советские наблюдатели *(первое совещание)*

Ageets, V.Y.
BSSR Scientific Research Institute of Soil Science
and Agrochemistry,
Minsk, BSSR

Aleksakhin, R.M.
All-Union Scientific Research Institute of Agricultural
Radiology,
Obninsk, RSFSR

Amvrostev, A.P.
Institute of Radiobiology of the Academy of Sciences
of the BSSR,
Minsk, BSSR

Antipova, S.J.
Institute of Radiation Medicine of the Ministry
of Health of the BSSR,
Minsk, BSSR

Antonenko, A.E.
BSSR Institute of Experimental Veterinary Science of the
Lenin All-Union Academy of Agricultural Science,
Minsk, BSSR

Antyperovich, F.S.
Trade and Industry Office,
Minsk, BSSR

Astakhova, L.N.
Institute of Radiation Medicine of the Ministry
of Health of the BSSR,
Minsk, BSSR

Bebeshko, V.G.
All-Union Scientific Centre for Radiological Medicine
of the Academy of Medical Sciences of the USSR,
Kiev, UkrSSR

Beletskij, Y.A.
Department for Applied Systems Analysis in Ecology,
Moscow

Belotkakht, U.V.
Department of Water Radiology of the Ministry of
Water Resources of the UkrSSR,
Kiev, UkrSSR

Bobyleva, O.A.
Department of Radiation Hygiene of the Ministry
of Health of the UkrSSR,
Kiev, UkrSSR

Bogdanov, A.P.
Institute of Radiobiology of the Academy of Sciences
of the BSSR,
Minsk, BSSR

Bondar', I.K.
Institute of Radiobiology of the Academy of Sciences
of the BSSR,
Minsk, BSSR

Bonko, E.I.
Department of Child Welfare of the Ministry of Health
of the UkrSSR,
Kiev, UkrSSR

Bortkevich, L.Y.
Institute of Radiobiology of the Academy of Sciences
of the BSSR,
Minsk, BSSR

Borzilov, V.A.
Typhoon Scientific Production Group of the
USSR State Committee for Hydrometeorology,
Obninsk, USSR

Busurin, Yu.N.
Office of International Relations of the Ministry of
Atomic Power and Industry of the USSR,
Moscow

Darydchuk, V.
Academy of Sciences of the UkrSSR,
Kiev, UkrSSR

Denisevich, N.K.
Scientific Research Institute for the Assessment of Fitness
for Work of the Ministry of Social Security
of the BSSR,
Minsk, BSSR

Detinkin, O.N.
Institute of Radiobiology of the Academy of Sciences
of the BSSR,
Minsk, BSSR

Dubina, Y.V.
Nuclear Power Institute of the Academy of Sciences
of the BSSR,
Minsk, BSSR

Eliseeva, K.G.
Institute of Genetics and Cytology of the Academy
of Sciences of the USSR,
Moscow

Epstein, E.V.
Institute of Endocrinology and Metabolism
of the Ministry of Health of the UkrSSR,
Kiev, UkrSSR

Filonov, V.P.
Deputy Minister of Health of the BSSR,
Minsk, BSSR

Firsakova, S.K.
BSSR Branch of the All-Union Scientific Research Institute of Agricultural Radiology,
Gomel, BSSR

Gajchenko, V.A.
Institute of Ecology and Evolutionary Animal Morphology of the Academy of Sciences of the USSR,
Moscow

Galonenko, V.I.
Institute of Radiobiology of the Academy of Sciences of the BSSR,
Minsk, BSSR

Gasilina, N.K.
USSR State Committee for Hydrometeorology,
Moscow

Germashenko, V.B.
Radiological Inspection Service,
UkrSSR State Agroindustrial Committee,
Kiev, UkrSSR

Glushkov, V.
Institute of Cybernetics of the Academy of Sciences of the UkrSSR,
Kiev, UkrSSR

Golikova, N.B.
Institute of Radiobiology of the Academy of Sciences of the BSSR,
Minsk, BSSR

Goncharova, N.V.
Institute of Radiobiology of the Academy of Sciences of the BSSR,
Minsk, BSSR

Grakovets, A.A.
Scientific Research Institute for the Assessment of Fitness for Work,
Ministry of Social Security of the BSSR,
Minsk, BSSR

Grinev, M.P.
Institute of Biophysics of the Ministry of Health of the USSR,
Moscow

Grodzinskij, D.M.
Institute of Botanics of the Academy of Sciences of the UkrSSR,
Kiev, UkrSSR

Guchanov, D.E.
Centre for Agrochemical Radiology,
Bryansk, RSFSR

Gurkov, V.V.
State Committee for Foodstuffs and Supplies of the BSSR,
Minsk, BSSR

Gus'kova, A.K.
Institute of Biophysics of the Ministry of Health of the USSR,
Moscow

Gvozdev, A.A.
Nuclear Power Institute of the Academy of Sciences of the BSSR,
Minsk, BSSR

Karyagin, V.I.
Western Branch of the Lenin All-Union Academy of Agricultural Sciences,
Minsk, BSSR

Kazakov, I.V.
Institute of Radiobiology of the Academy of Sciences of the BSSR,
Minsk, BSSR

Kenigsberg, Ya.E.
Institute of Radiation Medicine of the Ministry of Health of the BSSR,
Minsk, BSSR

Khudokormov, A.N.
Institute of Radiation Medicine of the Ministry of Health of the BSSR,
Minsk, BSSR

Knit'ko, V.A.
Institute of Radiobiology of the Academy of Sciences of the BSSR,
Minsk, BSSR

Konoplya, E.F.
Institute of Radiobiology of the Academy of Sciences of the BSSR,
Minsk, BSSR

Kostyuk, A.K.
Supreme Soviet of the UkrSSR,
Kiev, UkrSSR

Kudelskij, A.V.
Institute of Geochemistry and Geophysics of the Academy of Sciences of the BSSR,
Minsk, BSSR

Kuznetsov, V.A.
Institute of Geochemistry and Geophysics of the Academy of Sciences of the BSSR,
Minsk, BSSR

Los, I.P.
All-Union Scientific Centre for Radiological Medicine of the Academy of Medical Sciences of the USSR,
Kiev, UkrSSR

Lynfsko, A.
Nuclear Physics Department,
V.I. Lenin State University,
Minsk, BSSR

Lysorenko, V.
Academy of Sciences of the UkrSSR,
Kiev, UkrSSR

Malko, M.V.
Institute of Nuclear Power Engineering of the Academy of Sciences of the BSSR,
Minsk, BSSR

Mar'shev, V.F.
Central Scientific Research Institute of Agricultural Electrification,
Moscow

Matveenko, I.I.
Republic Centre for Radiation Control,
USSR State Committee for Hydrometeorology,
Minsk, BSSR

Mishenko, V.F.
Institute of Radiation Medicine of the Ministry of Health of the BSSR,
Minsk, BSSR

Mizonov, V.P.
Institute of Radiobiology of the Academy of Sciences of the BSSR,
Minsk, BSSR

Moshchik, K.V.
Institute of Radiation Medicine of the Ministry of Health of the BSSR,
Minsk, BSSR

Mossae, I.B.
Institute of Genetics and Cytology of the Academy of Sciences of the BSSR,
Minsk, BSSR

Nefedov, G.F.
Ministry of Atomic Power and Industry of the USSR,
Moscow

Nina, MD
Ministry of Social Security of the BSSR,
Minsk, BSSR

Olejnik, V.A.
Institute of Endocrinology of the Academy of Sciences of the UkrSSR,
Kiev, UkrSSR

Perevoznikov, O.N.
All-Union Scientific Centre for Radiological Medicine of the Academy of Medical Sciences of the USSR,
Kiev, UkrSSR

Petrayaev, E.P.
Department of Radiation Chemistry,
V.I. Lenin State University,
Minsk, BSSR

Petrenko, S.V.
Institute of Radiation Medicine of the Ministry of Health of the BSSR,
Minsk, BSSR

Petrov, L.A.
USSR State Committee for Environmental Protection,
Moscow

Petruk, D.A.
Ministry of Health of the USSR,
Moscow

Popova, L.M.
Academy of Sciences of the UkrSSR,
Kiev, UkrSSR

Prister, B.S.
UkrSSR Branch of the All-Union Scientific Research Institute of Agricultural Radiology,
Kiev, UkrSSR

Pyatakh, O.A.
All-Union Scientific Centre for Radiological Medicine of the Academy of Medical Sciences of the USSR,
Kiev, UkrSSR

Repin, V.S.
All-Union Scientific Centre for Radiological Medicine of the Academy of Medical Sciences of the USSR,
Kiev, UkrSSR

Rolevich, I.V.
Institute of Radiobiology of the Academy of Sciences of the BSSR,
Minsk, BSSR

Romanenko, A.E.
All-Union Scientific Centre for Radiological Medicine of the Academy of Medical Sciences of the USSR,
Kiev, UkrSSR

Ryzhov, M.N.
Office of International Relations of the Ministry of Atomic Power and Industry of the USSR,
Moscow

Savkin, M.N.
Institute of Biophysics of the Ministry of Health of the USSR,
Moscow

Sergiz, Y.
Institute of Oncology of the Academy of Sciences of the UkrSSR,
Kiev, UkrSSR

Shandala, N.K.
All-Union Scientific Centre for Radiological Medicine of the Academy of Medical Sciences of the USSR,
Kiev, UkrSSR

Shimanovich, E.A.
Institute of Radiobiology of the Academy of Sciences of the BSSR,
Minsk, BSSR

Shlakov, O.N.
Institute of Geography and Geology of the Academy of Sciences of the BSSR,
Minsk, BSSR

Smelovskij, V.E.
Peat Institute of the Academy of Sciences of the BSSR,
Minsk, BSSR

Sokolik, G.A.
Department of Radiation Chemistry,
V.I. Lenin State University,
Minsk, BSSR

Spasskij, B.B.
Ministry of Health of the USSR,
Moscow

Stezhko, V.A.
Ministry of Health of the BSSR,
Minsk, BSSR

Svelowski, W.E.
Peat Institute of the Academy of Sciences of the BSSR,
Minsk, BSSR

Svyatelin, V.
All-Union Scientific Centre for Radiological Medicine of the Academy of Medical Sciences of the USSR,
Kiev, UkrSSR

Tabachnyj, L.Ya.
UkrSSR Centre for Radiology and Hydrometeorological Observations of the UkrSSR Hydrometeorology Committee,
Kiev, UkrSSR

Tron'ko, N.D.
Institute of Endocrinology and Metabolism of the Ministry of Health of the UkrSSR,
Kiev, UkrSSR

Tsvetkova, O.A.
All-Union Scientific Centre for Radiological Medicine of the Academy of Medical Sciences of the USSR,
Kiev, UkrSSR

Vesnovskij, S.P.
All-Union Scientific Research Institute of Experimental Physics of the Ministry of Atomic Power and Industry of the USSR,
Gor'kij, RSFSR

Yakushev, B.I.
Institute of Experimental Botany of the Academy of Sciences of the BSSR,
Minsk, BSSR

Zabolotnyj, A.I.
Institute of Experimental Botany of the Academy of Sciences of the BSSR,
Minsk, BSSR

Zborovskij, E.I.
Scientific Research Institute for the Assessment of Fitness for Work of the Ministry of Social Security of the BSSR,
Minsk, BSSR

Участники подготовительного совещания по осуществлению Проекта

Министерство атомной энергетики и промышленности СССР
Москва, 8 февраля 1990 г.

БССР

Budnichenko
Western Branch of the Lenin All-Union Academy of Agricultural Sciences,
Minsk

Filonov, V.
Ministry of Health of the BSSR,
Minsk

Gruk
BSSR State Committee for Hydrometeorology,
Minsk

Matyukhin, V.
Institute of Radiation Medicine of the Academy of Sciences of the BSSR,
Minsk

Stepanenko, A.
Academy of Sciences of the BSSR,
Minsk

УССР

Chumak, V.K.
Nuclear Research Institute of the Academy of Sciences of the UkrSSR,
Kiev

Serkiz, L.I.
Institute of Oncology of the Academy of Sciences of the UkrSSR,
Kiev

СССР

Aleksakhin, R.M.
All-Union Scientific Research Institute of Agricultural Radiology,
Obninsk, RSFSR

Belyaev, E.N.
Ministry of Health of the RSFSR,
Moscow

Buldakov, A.
Institute of Biophysics of the Ministry of Health of the USSR,
Moscow

Burtsev, S.
USSR State Committee on Environmental Protection,
Moscow

Busurin, Yu.N.
Office of International Relations of the Ministry of Atomic Power and Industry of the USSR,
Moscow

Gasilina, N.K.
USSR State Committee on Hydrometeorology,
Moscow

Il'in, L.A.
Institute of Biophysics of the Ministry of Health of the USSR,
Moscow

Kulichenkov, A.I.
Ministry of Atomic Power and Industry of the USSR,
Moscow

Maksimenko, Y.
USSR State Committee on the Environment,
Moscow

Nikitin, M.V.
Office of International Relations of the Ministry of Atomic Power and Industry of the USSR,
Moscow

Povalyaev, A.P.
USSR State Commission on Foodstuffs and Supplies,
Moscow

Red'kin, V.
Committee of the Council of Ministers of the USSR on the Rectification of the Consequences of the Chernobyl Accident,
Moscow

Ryzhov, M.N.
Office of International Relations of the Ministry of Atomic Power and Industry of the USSR,
Moscow

Spasskij, B.B.
Ministry of Health of the USSR,
Moscow

Международное агентство по атомной энергии

González, A.J.

Список участников Международного чернобыльского проекта

Участники поездки для сбора данных

Брагин, Гомель, Киев, Корма, Москва, Новозыбков, Овруч, Полесское, Веприн и Злынка, 25–30 марта 1990 г.

Участники поездки в рамках Проекта

Asculai, E.
International Atomic Energy Agency,
Vienna

Dreicer, M.
International Atomic Energy Agency,
Vienna

González, A.J.
International Atomic Energy Agency,
Vienna

Kelly, N.G.
Commission of the European Communities,
Brussels

Kuramoto, A.
Hiroshima University,
Hiroshima, Japan

Lee, T.R.
University of St. Andrews,
St. Andrews, United Kingdom

Mettler, F.A., Jr., MD
University of New Mexico,
Albuquerque, New Mexico, USA

Randell, A.W.
FAO/WHO Codex Alimentarius Commission,
Food and Agriculture Organization of the United Nations,
Rome

Rosen, M.
International Atomic Energy Agency,
Vienna

Smales, E., MD
(World Health Organization representative)
Department of Health and Social Security,
London, United Kingdom

Steinhäusler, F.
University of Salzburg,
Salzburg, Austria

Valkovic, V.
IAEA Laboratory,
Seibersdorf, Austria

Наблюдатели

Rynka, A.A.
Deputy, Supreme Soviet of the USSR,
Moscow

Shcherbak, Y.N.
Deputy, Supreme Soviet of the USSR,
Moscow

Официальные лица, сопровождавшие членов миссии

Avdyushin, S.I.
USSR State Committee for Hydrometeorology,
Moscow

Bussurin, Yu.N.
Ministry of Atomic Power and Industry of the USSR,
Moscow

Ermakov, S.V.
Ministry of Atomic Power and Industry of the USSR,
Moscow

Gasilina, N.K.
USSR State Committee on Hydrometeorology,
Moscow

Komarov, E.N.
Leningrad Scientific Research Institute of
Radiation Medicine of the Academy of
Medical Sciences of the USSR,
Leningrad

Kulichenkov, A.I.
Ministry of Atomic Power and Industry of the USSR,
Moscow

Mamsourova, A.
Ministry of Atomic Power and Industry of the USSR,
Moscow

Petrov, L.A.
USSR State Committee for the Environment,
Moscow

Ryzhov, M.N.
Ministry of Atomic Power and Industry of the USSR,
Moscow

Savkin, M.N.
Institute of Biophysics of the Ministry of Health of the USSR,
Moscow

Spasskij, B.B.
Ministry of Health of the USSR,
Moscow

Zubovskij, G.A.
Ministry of Health of the RSFSR,
Moscow

Официальные лица, присутствовавшие на заседаниях миссии

Bar'yakhtar, V.G.
Academy of Sciences of the UkrSSR,
Kiev, UkrSSR

Busurin, Yu.N.
Ministry of Atomic Power and Industry of the USSR,
Moscow

Cheban, A.K.
All-Union Scientific Centre for Radiological Medicine of the Academy of Medical Sciences of the USSR,
Kiev, UkrSSR

Chumak, V.K.
Institute of Nuclear Research of the Academy of Sciences of the UkrSSR,
Kiev, UkrSSR

Cozzinov, A.
Southern Branch of the Lenin All-Union Academy of Agricultural Sciences,
Kiev, UkrSSR

Ferents, V.P.
All-Union Scientific Centre for Radiological Medicine of the Academy of Medical Sciences of the USSR,
Kiev, UkrSSR

Gasilina, N.K.
USSR State Committee for Hydrometeorology,
Moscow, USSR

Gul'ko, G.M.
All-Union Scientific Centre for Radiological Medicine of the Academy of Medical Sciences of the USSR,
Kiev, UkrSSR

Kovgan, L.N.
All-Union Scientific Centre for Radiological Medicine of the Academy of Medical Sciences of the USSR,
Kiev, UkrSSR

Krasin, A.G.
State Committee of the Council of Ministers of the UkrSSR on the Protection of the Public from the Consequences of the Chernobyl Accident,
Kiev, UkrSSR

Kulichenkov, A.I.
Ministry of Atomic Power and Industry of the USSR,
Moscow

Likhtarev, I.A.
All-Union Scientific Centre for Radiological Medicine of the Academy of Medical Sciences of the USSR,
Kiev, UkrSSR

Los, I.P.
All-Union Scientific Centre for Radiological Medicine of the Academy of Medical Sciences of the USSR,
Kiev, UkrSSR

Loshchilov, N.A.
UkrSSR Branch of the All-Union Institute of Agricultural Radiology,
Kiev, UkrSSR

Mamsourova, Ye.A.
Ministry of Atomic Power and Industry of the USSR,
Moscow

Massik, K.I.
Deputy Prime Minister;
State Commission of the Council of Ministers of the UkrSSR on Extraordinary Situations,
Kiev, UkrSSR

Mkrtychev, A.H.
State Commission of the Council of Ministers of the UkrSSR State on Extraordinary Situations,
Kiev, UkrSSR

Naigu, A.I., MD
All-Union Scientific Centre for Radiological Medicine of the Academy of Medical Sciences of the USSR,
Kiev, UkrSSR

Potikha, V.M.
State Commission of the Council of Ministers of the UkrSSR on Extraordinary Situations,
Kiev, UkrSSR

Poturidis, G.G.
State Committee of the Council of Ministers of the UkrSSR on the Protection of the Public from the Consequences of the Chernobyl Accident,
Kiev, UkrSSR

Pyatakh, O.A.
All-Union Scientific Centre for Radiological Medicine of the Academy of Medical Sciences of the USSR,
Kiev, UkrSSR

Repin, V.S.
All-Union Scientific Centre for Radiological Medicine of the Academy of Medical Sciences of the USSR,
Kiev, UkrSSR

Romanenko, A.Ye.
All-Union Scientific Centre for Radiological Medicine of the Academy of Medical Sciences of the USSR,
Kiev, UkrSSR

Rynka, A.A.
Deputy of the Supreme Soviet of the USSR,
Moscow

Ryzhov, M.N.
Ministry of Atomic Power and Industry of the USSR,
Moscow

Shandala, N.K.
All-Union Scientific Centre for Radiological Medicine of the Academy of Medical Sciences of the USSR,
Kiev, UkrSSR

Shcherbak, Y.N.
Deputy, Supreme Soviet of the USSR,
Moscow

Spizhenko, Yu.P.
Minister of Health of the UkrSSR,
Kiev, UkrSSR

Stepanenko, N.S.
Kiev City Council,
Kiev, UkrSSR

Tsvetkova, O.A.
All-Union Scientific Centre for Radiological Medicine of the Academy of Medical Sciences of the USSR,
Kiev, UkrSSR

Эксперты-участники Проекта

Аргентина

Abudara, G.
Fundación para la Investigación y Desarrollo del Diagnóstico Médico para Imágenes,
Buenos Aires

Palacios, E.
Comisión Nacional de Energía Atomica,
Buenos Aires

Австралия

Khafagi, F.A.
Royal Brisbane Hospital,
Brisbane, Queensland

Австрия

Buchtela, K.
Atominstitut der Österreichischen Universitäten,
Vienna

Duftschmid, K.
Österreichisches Forschungszentrum Seibersdorf GmbH,
Seibersdorf

Gerzabek, M.
Österreichisches Forschungszentrum Seibersdorf GmbH,
Seibersdorf

Henrich, E.
Bundesanstalt für Lebensmitteluntersuchung und Forschung,
Vienna

Holzer, H.
Bundesanstalt für Lebensmitteluntersuchungen,
Graz

Jahn, O.
Klinik für Arbeitsmedizin,
Vienna

Lettner, H.
University of Salzburg,
Salzburg

Lovranich, E.
Österreichisches Forschungszentrum Seibersdorf GmbH,
Seibersdorf

Maringer, F.J.
Bundesversuchs- und Forschungsanstalt Arsenal,
Vienna

Möslinger, M.
Canberra Packard Instruments,
Vienna

Mukherjee, U.
Histologisches-Embryologisches Institut der
Universität Wien,
Vienna

Rank, D.
Bundesversuchs- und Forschungsanstalt Arsenal,
Vienna

Schindler, R.
Bundesanstalt für Lebensmitteluntersuchungen,
Graz

Steger, F.
Österreichisches Forschungszentrum Seibersdorf GmbH,
Seibersdorf

Steinhäusler, F.
University of Salzburg,
Salzburg

Streit, S.
Österreichisches Forschungszentrum Seibersdorf GmbH,
Seibersdorf

Urban, E.C.
Universitäts Kinderklinik, Karl-Franzens Universität,
Graz

Vojir, F.
Bundesanstalt für Lebensmitteluntersuchung
und Forschung,
Vienna

Zahlbruckner, R.
Bundesanstalt für Lebensmitteluntersuchung
und Forschung,
Vienna

Бельгия

Ferrant, A.
Cliniques Universitaires Saint Luc,
Brussels

Kirchmann, R.J.C.
International Union of Radiologists,
University of Liège,
Oupeye

Бразилия

Godoy, J.M.
Commissão Nacional de Energia Nuclear,
Rio de Janeiro

БССР

Antonenko, A.E.
BSSR Experimental Veterinary Scientific Research
Institute of the Lenin All-Union Academy of
Agricultural Sciences,
Minsk

Astakhova, L.
Institute of Radiation Medicine of the Ministry of Health
of the BSSR,
Minsk

Averin, V.S.
BSSR Branch of the All-Union Scientific Research Institute
of Agricultural Radiology,
Gomel

Babas, V.V.
Regional Agroindustrial Committee,
Gomel

Bakhirev, V.A.
Association of Professional Ecologists,
Minsk

Balashchenko, Z.I.
State Committee for Foodstuffs and Supplies of the BSSR,
Minsk

Bogomaz, L.G.
Gomel State University,
Gomel

Bondar, I.K.
Institute of Radiobiology of the Academy of Sciences
of the BSSR,
Minsk

Bordak, N.A.
Gomel Veterinary Laboratory,
Gomel

Bulanyj, V.A.
Meat and Dairy Industry Association,
Gomel

Bur'yak, V.N.
State Committee of the Council of Ministers of the BSSR
on the Consequences of the Chernobyl Accident,
Minsk

Chunikhin, L.A.
BSSR Branch of the All-Union Scientific Research Institute
of Agricultural Radiology,
Gomel

Danchenko, V.I.
Regional Executive Committee,
Bragin

Demidenko, V.A.
Gomel Meat Factory,
Gomel

Список участников Международного чернобыльского проекта

Drozdov, A.I.
State Committee for Foodstuffs and Supplies of the BSSR,
Minsk

Drozdovich, V.V.
Institute of Radiation Medicine of the Ministry of Health of the BSSR,
Minsk

Firsakova, S.K.
BSSR Branch of the All-Union Scientific Research Institute of Agricultural Radiology,
Gomel

Gaponenko, V.I.
Institute of Radiobiology of the Academy of Sciences of the BSSR,
Minsk

Gilyukovich, A.A.
State Committee for Foodstuffs and Supplies of the BSSR,
Minsk

Gonchar, G.A.
Regional Executive Committee,
Gomel

Grebenshchikova, N.V.
BSSR Branch of the All-Union Scientific Research Institute of Agricultural Radiology,
Gomel

Grinev, N.F.
Regional Executive Committee,
Mogilev

Gurkov, V.V.
State Committee for Foodstuffs and Supplies of the BSSR,
Minsk

Il'yazov, R.G.
BSSR Branch of the All-Union Scientific Research Institute of Agricultural Radiology,
Gomel

Karpenko, A.F.
BSSR Branch of the All-Union Scientific Research Institute of Agricultural Radiology,
Gomel

Kazakov, V.S.
Minister of Health of the BSSR,
Minsk

Kenigsberg, Ya.E.
Institute of Radiation Medicine of the Ministry of Health of the BSSR,
Minsk

Kennik, I.A.
Council of Ministers of the BSSR,
Minsk

Khomich, V.K.
Regional Agrochemical Service,
Gomel

Khudokormov, A.N.
Institute of Radiation Medicine of the Ministry of Health of the BSSR,
Minsk

Kichkajlo, A.T.
State Committee for Foodstuffs and Supplies of the BSSR,
Minsk

Klimenok, A.I.
Gomel Branch of the BSSR State Committee for Hydrometeorology,
Gomel

Klyuchenovich, V.I.
Gomel Regional Centre for Epidemiology and Health,
Gomel

Knit'ko, V.A.
Institute of Radiobiology of the Academy of Sciences of the BSSR,
Minsk

Kolesnikov, V.S.
Institute of Sanitation and Hygiene of the Ministry of Health of the BSSR,
Minsk

Konoplya, E.F.
Institute of Radiobiology of the Academy of Sciences of the BSSR,
Minsk

Kotlyarenko, O.I.
Regional Medical Centre,
Mogilev

Kotov, V.V.
Regional Executive Committee,
Gomel

Kuprienko, A.D.
Gomel Meat Factory,
Gomel

Lazyuk, G.I.
Institute of Radiation Medicine of the Ministry of Health of the BSSR,
Minsk

Malko, M.V.
Nuclear Power Institute of the Academy of Sciences of the BSSR,
Minsk

Matveenko, I.I.
Republic Centre for Radiation Monitoring,
Minsk

Matyukhin, V.A.
Institute of Radiation Medicine of the Ministry of Health of the BSSR,
Minsk

Mezenko, N.A.
Regional Agroindustrial Committee,
Gomel

Minenko, V.F.
Institute of Radiation Medicine of the Ministry of Health of the BSSR,
Minsk

Minkovskij, A.A.
Gomel State University,
Gomel

Moshchik, K.V.
Institute of Radiation Medicine of the Ministry of Health of the BSSR,
Minsk

Nesterenko, V.B.
Nuclear Power Institute of the Academy of Sciences of the BSSR,
Minsk

Neumerzhitskij, V.A.
Institute of Radiation Medicine of the Ministry of Health of the BSSR,
Minsk

Okeanov, A.E.
Oncology Institute of the Ministry of Health of the BSSR,
Minsk

Petrenko, S.V.
Institute of Radiation Medicine of the Ministry of Health of the BSSR,
Minsk

Petryaev, E.P.
BSSR State University,
Minsk

Pokumejko, Yu.M.
BSSR State Committee for Hydrometeorology,
Minsk

Rolevich, I.V.
Institute of Radiobiology of the Academy of Sciences of the BSSR,
Minsk

Romanovskij, A.A.
Regional Executive Committee,
Gomel

Rudneva, S.N.
Council of Ministers of the BSSR,
Minsk

Semkin, A.S.
Regional Executive Committee,
Mogilev

Sergienko, V.S.
Council of Ministers of the BSSR,
Minsk

Shitikov, B.D.
Ministry of Health of the BSSR,
Minsk

Skryabin, A.M.
Gomel Branch of the Institute of Radiation Medicine of the Ministry of Health of the BSSR,
Gomel

Smirnov, M.
Gomel Branch of the Institute of Radiation Medicine of the Ministry of Health of the BSSR,
Gomel

Smolyar, I.N.
Supreme Soviet of the BSSR,
Minsk

Solovtsov, N.I.
State Committee for Foodstuffs and Supplies of the BSSR,
Minsk

Sorokin, V.N.
Nuclear Power Institute of the Academy of Sciences of the BSSR,
Minsk

Stepanenko, A.V.
Academy of Sciences of the BSSR,
Minsk

Sukhorukov, E.F.
State Committee for Foodstuffs and Supplies of the BSSR,
Minsk

Svyatelik, V.P.
Institute of Radiation Medicine of the Ministry of Health of the BSSR,
Minsk

Sych, V.N.
Regional Executive Committee,
Gomel

Tarasevich, G.F.
Western Branch of the Lenin All-Union Academy of Agricultural Sciences,
Minsk

Timoshchenko, N.M.
Council of Ministers of the BSSR,
Minsk

Tyutyunnikov, A.B.
Regional Health and Epidemiological Station,
Bragin

Ul'yanovskij, A.V.
Institute of Radiation Medicine of the Ministry of Health of the BSSR,
Minsk

Vojtenkov, N.G.
Regional Executive Committee,
Gomel

Vojtik, A.N.
Institute of Radiation Medicine of the Ministry of Health of the BSSR,
Minsk

Vorontsova, T.V.
Institute of Radiation Medicine of the Ministry of Health of the BSSR,
Minsk

Yarchak, A.M.
Regional Executive Committee,
Gomel

Zel'chan, A.P.
Meat and Dairy Industry Association,
Gomel

Zinovich, V.N.
Regional Health and Epidemiological Station,
Gomel

Канада

Barry, P.
Atomic Energy of Canada Ltd,
Chalk River, Ontario

Burns, K.
Atomic Energy of Canada Ltd,
Chalk River, Ontario

Jovanovich, J.
University of Manitoba,
Winnipeg, Manitoba

Osborne, R.
Atomic Energy of Canada Ltd,
Chalk River, Ontario

Utting, R.E.
Atomic Energy Control Board,
Ottawa, Ontario

Китай

Li, D.
China Institute for Radiation Protection,
Taiyuan, Shanxi

Sun, S.
China Institute for Radiation Protection,
Taiyuan, Shanxi

Дания

Hedemann Jensen, P.
Risø National Laboratory,
Roskilde

Финляндия

Kumpulainen, J.
Agricultural Research Centre of Finland,
Jokioinen

Salo, A.
(Formerly) Centre for Radiation and Nuclear Safety,
Helsinki

Suomela, M.
Centre for Radiation and Nuclear Safety,
Helsinki

Франция

Coulon, R.
Commissariat à l'énergie atomique,
Fontenay-aux-Roses

Desprès, A.
Commissariat à l'énergie atomique,
Fontenay-aux-Roses

Gongora, R.
Institut Curie,
Paris

Lochard, J.
Commissariat à l'énergie atomique,
Fontenay-aux-Roses

Nénot, J-C.
Commissariat à l'énergie atomique,
Fontenay-aux-Roses

Pellerin, P.
Service centrale de protection contre les rayonnements ionisants,
Le Vésinet

Schneider, T.
Commissariat à l'énergie atomique,
Fontenay-aux-Roses

Tribondeau, J-F.
Coultronics,
Margency

Германия

Arndt, D., MD
Staatliches Amt für Atomsicherheit und Strahlenschutz,
Berlin

Heinzelmann, M.
Forschungszentrum Jülich GmbH,
Jülich

Martin, B.
Max-Planck-Institut für Kernphysik,
Heidelberg

Müller, H.
Institut für Strahlenschutz, Strahlen- und Umweltforschung GmbH,
Neuherberg/Munich

Musiol, D.
Staatliches Amt für Atomsicherheit und Strahlenschutz,
Berlin

Pittelkow, E.
Bundesamt für Strahlenschutz,
Neuherberg/Munich

Proehl, G.H.
Institut für Strahlenschutz, Strahlen- und Umweltforschung,
Neuherberg/Munich

Schelenz, R.
Bundesforschungsanstalt für Ernährung,
Karlsruhe

Schirmer, F.
Forschungszentrum Jülich GmbH,
Jülich

Schwarz, I.R.
Bundesamt für Strahlenschutz,
Neuherberg/Munich

Schweiger, M.
Institut für Strahlenhygiene des Bundesgesundheitsamtes,
Neuherberg/Munich

Siebert, H.U.
Staatliches Amt für Atomsicherheit und Strahlenschutz,
Berlin

Sitter, H.
Kernforschungszentrum Karlsruhe,
Karlsruhe

Winkelmann, I.
Institut für Strahlenhygiene des Bundesgesundheitsamtes,
Neuherberg/Munich

Wirth, E.
Bundesamt für Strahlenschutz,
Neuherberg/Munich

Венгрия

Kerekes, A.
Frédéric Joliot-Curie National Research Institute for Radiobiology and Radiohygiene,
Budapest

Köteles, G.J.
Frédéric Joliot-Curie National Research Institute for Radiobiology and Radiohygiene,
Budapest

Sztanyik, L.B., MD
Frédéric Joliot-Curie National Research Institute for Radiobiology and Radiohygiene,
Budapest

Zombori, P.
Central Research Institute for Physics,
Hungarian Academy of Sciences,
Budapest

Израиль

Levin, I.
Nuclear Research Center — Negev,
Beersheba

Италия

Boeri, G.C.
Comitato Nazionale per la Ricerca e per lo Sviluppo dell'Energia Nucleare e delle Energie Alternative (DISP),
Rome

Frittelli, L.
Comitato Nazionale per la Ricerca e per lo Sviluppo dell'Energia Nucleare e delle Energie Alternative (DISP),
Rome

Ingrao, G.
Comitato Nazionale per la Ricerca e per lo Sviluppo dell'Energia Nucleare e delle Energie Alternative CRE Casaccia,
Rome

Moschini, G.
Istituto Nazionale de Fisica Nucleare,
Leguaro, Padore

Santaroni, G.P.
Istituto Nazionale della Nutrizione,
Rome

Япония

Akiyama, M.
Radiation Effects Research Foundation,
Hiroshima

Aoki, Y., MD
National Institute of Radiological Sciences,
Chiba

Awa, A.
Radiation Effects Research Foundation,
Hiroshima

Choshi, K.
Hiroshima University,
Hiroshima

Cologne, J.
Radiation Effects Research Foundation,
Hiroshima

Dohy, H.
Hiroshima Red Cross and Atomic Bomb
Survivors Hospital,
Hiroshima

Imamura, N.
Hiroshima University Hospital,
Hiroshima

Imanaka, F.
Hiroshima University Hospital,
Hiroshima

Kasumi, S.
Radiation Effects Research Foundation,
Hiroshima

Kuramoto, A., MD
Hiroshima University Hospital,
Hiroshima

Mabuchi, K., MD
Radiation Effects Research Foundation,
Hiroshima

Sasaki, H.
Radiation Effects Research Foundation,
Hiroshima

Shigematsu, I.
Radiation Effects Research Foundation,
Hiroshima

Shimaoka, K., MD
Radiation Effects Research Foundation,
Nagasaki

Yokoyama, N., MD
Radiation Effects Research Foundation,
Nagasaki

Нидерланды

Bode, I.P.
Delft University of Technology,
Delft

de Bruin, M.
Delft University of Technology,
Delft

de Goeij, I.J.J.M.
Delft University of Technology,
Delft

Giel, R.
University Hospital,
Groningen

Natarajan, A.
Silvius Laboratories, University of Leiden,
Leiden

van den Berg, G.J.
Delft University of Technology,
Delft

van den Jagt, P.J.
Free University,
Amsterdam

Vis, R.D.
Free University,
Amsterdam

Wagenaar, G.
Netherlands Organization for Applied Scientific Research,
Apledorm

Wolterbeek, H.T.
Delft University of Technology,
Delft

Норвегия

Brynildsen, L.
Ministry of Agriculture,
Oslo

Hove, K.
Agricultural University of Norway,
Ås-Nlh

Norendal, T.
Ministry of Foreign Affairs,
Oslo

Strand, P.
National Institute of Radiation Hygiene,
Osteras

Польша

Liniecki, J., MD
Medical Academy of Łódz,
Łódz

Pietruszewski, A.
Central Laboratory for Radiological Protection,
Warsaw

Испания

Rodríguez, A.G.O.
Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas,
Madrid

Швеция

Abdulla, M.
University Hospital,
Lund

Edvardson, K.E.
National Institute of Radiation Protection,
Stockholm

Holm, L-E.
Karolinska Hospital,
Stockholm

Melin, J.
National Institute of Radiation Protection,
Stockholm

Schütz, A.
University Hospital,
Lund

Sokolovskij, E.
Nuclear Training and Safety Centre, Studsvik,
Nyköping

Швейцария

Wyttenbach, A.
Paul Scherrer Institute,
Villigen

УССР

Ageev, V.A.
Nuclear Research Institute of the Academy of Sciences of the UkrSSR,
Kiev

Andrushchenko, A.I.
Regional Executive Committee,
Kiev

Astasheva, N.P.
UkrSSR Branch of the All-Union Scientific Research Institute of Agricultural Radiology,
Kiev

Babenko, V.V.
Nuclear Research Institute of the Academy of Sciences of the UkrSSR,
Kiev

Balyuk, G.N.
Kiev State University,
Kiev

Bar'yakhtar, V.G.
Academy of Sciences of the UkrSSR,
Kiev

Bebeshko, V.G.
All-Union Scientific Centre for Radiological Medicine of the Academy of Medical Sciences of the USSR,
Kiev

Berdov, G.V.
Ministry of Internal Affairs of the UkrSSR,
Kiev

Berkovskij, V.B.
All-Union Scientific Centre for Radiological Medicine of the Academy of Medical Sciences of the USSR,
Kiev

Bernadina, L.I.
Nuclear Research Institute of the Academy of Sciences of the UkrSSR,
Kiev

Beshchenko, Yu.A.
State Planning Committee of the UkrSSR,
Kiev

Bobyleva, O.A.
Ministry of Health of the UkrSSR,
Kiev

Bogdanov, I.A.
All-Union Scientific Centre for Radiological Medicine of the Academy of Medical Sciences of the USSR,
Kiev

Bondar', P.F.
UkrSSR Branch of the All-Union Scientific Research Institute of Agricultural Radiology,
Kiev

Bondarchuk, M.S.
Civil Defence Headquarters of the UkrSSR,
Kiev

Bondarenko, G.N.
Institute of Geochemistry and the Physics of Minerals of the Academy of Sciences of the UkrSSR,
Kiev

Bruslova, M.
All-Union Scientific Centre for Radiological Medicine of the Academy of Medical Sciences of the USSR,
Kiev

Buchak, S.V.
Civil Defence Headquarters of the UkrSSR,
Kiev

Список участников Международного чернобыльского проекта

Bugaev, V.N.
All-Union Scientific Centre for Radiological Medicine of the Academy of Medical Sciences of the USSR,
Kiev

Bukovskaya, V.S.
UkrSSR Branch of the All-Union Scientific Research Institute of Agricultural Radiology,
Kiev

Buntova, E.G.
UkrSSR Branch of the All-Union Scientific Research Institute of Agricultural Radiology,
Kiev

Cheban, A.K.
All-Union Scientific Centre for Radiological Medicine of the Academy of Medical Sciences of the USSR,
Kiev

Chepurnoj, N.D.
Cybernetics Institute of the Academy of Sciences of the UkrSSR,
Kiev

Chmyrev, M.A.
UkrSSR Branch of the All-Union Scientific Research Institute of Agricultural Radiology,
Kiev

Chumak, V.K.
Nuclear Research Institute of the Academy of Sciences of the UkrSSR,
Kiev

Dashkevich, V.E.
Institute for the Protection of Mothers and Children of the Ministry of Health of the UkrSSR,
Kiev

Degtyareva, O.S.
All-Union Scientific Centre for Radiological Medicine of the Academy of Medical Sciences of the USSR,
Kiev

Denisenko, A.G.
State Agroindustrial Committee of the UkrSSR,
Kiev

D'yachuk, V.A.
UkrSSR Hydrometeorological Research Institute,
Kiev

Dzeverin, I.A.
Literature Institute of the Academy of Sciences of the UkrSSR,
Kiev

Epstein, E.V.
Institute of Endocrinology and Metabolism of the Ministry of Health of the UkrSSR,
Kiev

Fedorenko, A.
Civil Defence Headquarters of the Kiev Region,
Kiev

Garger, E.K.
Kiev Radioecology Department of the Typhoon Scientific Production Group,
Kiev

Gavrilyuk, V.I.
Nuclear Research Institute of the Academy of Sciences of the UkrSSR,
Kiev

Germashenkov, G.
State Agroindustrial Committee of the UkrSSR,
Kiev

Gorskij, A.S.
Regional Executive Committee,
Polesskoe

Gotovchits, G.A.
State Committee of the Council of Ministers of the UkrSSR on the Protection of the Public from the Consequences of the Chernobyl Accident,
Kiev

Grodzinskij, D.M.
Institute of Botanics of the Academy of Sciences of the UkrSSR,
Kiev

Gudzenko, V.V.
Institute of Geological Science of the Academy of Sciences of the UkrSSR,
Kiev

Gul'ko, G.M.
All-Union Scientific Centre for Radiological Medicine of the Academy of Medical Sciences of the USSR,
Kiev

Il'in, M.I.
UkrSSR Branch of the All-Union Scientific Research Institute of Agricultural Radiology,
Kiev

Ivanov, Yu.A.
UkrSSR Branch of the All-Union Scientific Research Institute of Agricultural Radiology,
Kiev

Kapustyan, N.K.
Civil Defence Headquarters of the Kiev Region,
Kiev

Karasev, V.S.
Nuclear Research Institute of the Academy of Sciences of the UkrSSR,
Kiev

Kashparov, V.A.
UkrSSR Branch of the All-Union Scientific Research Institute of Agricultural Radiology,
Kiev

Kashuba, M.I.
UkrSSR Branch of the All-Union Scientific Research Institute of Agricultural Radiology,
Kiev

Khomutinin, Yu.V.
UkrSSR Branch of the All-Union Scientific Research Institute of Agricultural Radiology,
Kiev

Kocherga, V.N.
Municipal Executive Committee,
Kiev

Kolomejchuk, S.S.
Regional Hospital of the UkrSSR,
Ovruch

Kononenko, L.V.
Institute of Geochemistry and the Physics of Minerals of the Academy of Sciences of the UkrSSR,
Kiev

Kopylova, O.V.
All-Union Scientific Centre for Radiological Medicine of the Academy of Medical Sciences of the USSR,
Kiev

Korovin, A.T.
Regional Civil Defence Headquarters of the UkrSSR,
Ovruch

Kostenko, E.
State Committee of the Council of Ministers of the UkrSSR on the Protection of the Public from the Consequences of the Chernobyl Accident,
Kiev

Kostyuk, D.M.
UkrSSR Branch of the All-Union Scientific Research Institute of Agricultural Radiology,
Kiev

Kovgan, N.
All-Union Scientific Centre for Radiological Medicine of the Academy of Medical Sciences of the USSR,
Kiev

Krasin, A.G.
State Committee of the Council of Ministers of the UkrSSR on the Protection of the Public from the Consequences of the Chernobyl Accident,
Kiev

Krivtsov, I.L.
UkrSSR Branch of the All-Union Scientific Research Institute of Agricultural Radiology,
Kiev

Ledoshchuk, B.A.
All-Union Scientific Centre for Radiological Medicine of the Academy of Medical Sciences of the USSR,
Kiev

Likhtarev, I.A.
All-Union Scientific Centre for Radiological Medicine of the Academy of Medical Sciences of the USSR,
Kiev

Los, I.P.
All-Union Scientific Centre for Radiological Medicine of the Academy of Medical Sciences of the USSR,
Kiev

Loshchilov, N.A.
UkrSSR Branch of the All-Union Scientific Research Institute of Agricultural Radiology,
Kiev

Luk'yanova, E.M.
Institute for the Protection of Mothers and Children of the Ministry of Health of the UkrSSR,
Kiev

Lyashchenko, S.A.
State Agroindustrial Committee of the UkrSSR,
Kiev

Makovetskij, Yu.V.
Nuclear Research Institute of the Academy of Sciences of the UkrSSR,
Kiev

Maksimov, V.S.
UkrSSR Hydrometeorological Research Institute,
Kiev

Marchenko, A.B.
All-Union Scientific Centre for Radiological Medicine of the Academy of Medical Sciences of the USSR,
Kiev

Marushchak, A.V.
Regional Executive Committee,
Kiev

Massik, K.I.
Council of Ministers of the UkrSSR,
Kiev

Mel'nik, V.V.
Ministry of Health of the UkrSSR,
Kiev

Mkrtychev, A.H.
State Commission of the Council of Ministers of the UkrSSR on Extraordinary Situations,
Kiev

Nech, A.V.
All-Union Scientific Centre for Radiological Medicine of the Academy of Medical Sciences of the USSR,
Kiev

Obodovskij, I.A.
All-Union Scientific Centre for Radiological Medicine of the Academy of Medical Sciences of the USSR, Kiev

Okhrimchuk, I.S.
Regional Executive Committee, Ovruch

Ozornov, A.G.
UkrSSR Branch of the All-Union Scientific Research Institute of Agricultural Radiology, Kiev

Parshakov, A.E.
UkrSSR Branch of the All-Union Scientific Research Institute of Agricultural Radiology, Kiev

Pedchenko, V.A.
Ministry of Health of the UkrSSR, Kiev

Perepelyatnikov, G.P.
UkrSSR Branch of the All-Union Scientific Research Institute of Agricultural Radiology, Kiev

Perepelyatnikova, L.V.
UkrSSR Branch of the All-Union Scientific Research Institute of Agricultural Radiology, Kiev

Perevoznikov, O.N.
All-Union Scientific Centre for Radiological Medicine of the Academy of Medical Sciences of the USSR, Kiev

Pinchuk, V.G.
All-Union Scientific Centre for Radiological Medicine of the Academy of Medical Sciences of the USSR, Kiev

Ponomarev, A.P.
Institute of Art History, Folklore and Ethnography of the Academy of Sciences of the UkrSSR, Kiev

Popova, L.M.
Academy of Sciences of the UkrSSR, Kiev

Potikha, V.M.
State Commission of the Council of Ministers of the UkrSSR on Extraordinary Situations, Kiev

Poturidis, G.G.
State Committee of the Council of Ministers of the UkrSSR on the Protection of the Public from the Consequences of the Chernobyl Accident, Kiev

Prister, B.S.
UkrSSR Branch of the All-Union Scientific Research Institute of Agricultural Radiology, Kiev

Prisyazhnyuk, A.E.
All-Union Scientific Centre for Radiological Medicine of the Academy of Medical Sciences of the USSR, Kiev

Pugachevskij, V.P.
Nuclear Research Institute of the Academy of Sciences of the UkrSSR, Kiev

Pyatakh, O.A.
All-Union Scientific Centre for Radiological Medicine of the Academy of Medical Sciences of the USSR, Kiev

Repin, V.S.
All-Union Scientific Centre for Radiological Medicine of the Academy of Medical Sciences of the USSR, Kiev

Romanenko, A.E.
All-Union Scientific Centre for Radiological Medicine of the Academy of Medical Sciences of the USSR, Kiev

Romanov, L.I.
UkrSSR Branch of the All-Union Scientific Research Institute of Agricultural Radiology, Kiev

Rudenskaya, G.A.
UkrSSR Branch of the All-Union Scientific Research Institute of Agricultural Radiology, Kiev

Safonov, M.I.
Ministry of Finance of the UkrSSR, Kiev

Semenyutin, A.M.
UkrSSR Branch of the All-Union Scientific Research Institute of Agricultural Radiology, Kiev

Serdyuk, A.M.
Ministry of Health of the UkrSSR, Kiev

Sergienko, N.M.
Kiev Institute for Advanced Training of Doctors of the Ministry of Health of the UkrSSR, Kiev

Shandala, N.K.
All-Union Scientific Centre for Radiological Medicine of the Academy of Medical Sciences of the USSR, Kiev

Shatilo, V.I.
Regional Executive Committee,
Zhitomir

Shestakov, V.I.
Ministry of Health of the UkrSSR,
Kiev

Shestopalov, V.M.
Institute of Geological Science of the Academy of Sciences of the UkrSSR,
Kiev

Shnyukov, E.F.
Institute of Geological Science of the Academy of Sciences of the UkrSSR,
Kiev

Shushakov, I.A.
Nuclear Research Institute of the Academy of Sciences of the UkrSSR,
Kiev

Sidorenko, N.Ya.
State Agroindustrial Committee of the UkrSSR,
Kiev

Skalej, A.A.
All-Union Scientific Centre for Radiological Medicine of the Academy of Medical Sciences of the USSR,
Kiev

Smolyar, V.I.
Institute of Nutritional Health of the Academy of Sciences of the UkrSSR,
Kiev

Sobolev, A.S.
UkrSSR Branch of the All-Union Scientific Research Institute of Agricultural Radiology,
Kiev

Sobotovich, E.V.
Institute of Geochemistry and the Physics of Minerals of the Academy of Sciences of the UkrSSR,
Kiev

Spizhenko, Yu.P.
Ministry of Health of the UkrSSR,
Kiev

Stepanenko, N.S.
Regional Executive Committee,
Kiev

Stepanova, E.I.
All-Union Scientific Centre for Radiological Medicine of the Academy of Medical Sciences of the USSR,
Kiev

Suprun, L.P.
UkrSSR Branch of the All-Union Scientific Research Institute of Agricultural Radiology,
Kiev

Surkova, N.V.
Women's Association of the UkrSSR,
Slavutich

Tabachnyj, L.Ya.
UkrSSR State Committee for Hydrometeorology,
Kiev

Taranenko, M.G.
All-Union Scientific Centre for Radiological Medicine of the Academy of Medical Sciences of the USSR,
Kiev

Tertyshnyj, E.
UkrSSR Hydrometeorological Research Institute,
Kiev

Tret'yakova, G.N.
Regional Executive Committee,
Kiev

Tron'ko, N.D.
Institute of Endocrinology and Metabolism of the Ministry of Health of the UkrSSR,
Kiev

Tseganenko, O.I.
Institute of Nutritional Health of the Academy of Sciences of the UkrSSR,
Kiev

Tsesin, V.Yu.
All-Union Scientific Centre for Radiological Medicine of the Academy of Medical Sciences of the USSR,
Kiev

Tsvetkova, O.A.
All-Union Scientific Centre for Radiological Medicine of the Academy of Medical Sciences of the USSR,
Kiev

Tsyfir, V.F.
UkrSSR Agricultural Chemistry Association,
Kiev

Udovichenko, V.P.
Municipal Executive Committee,
Slavutich

Vajsband, D.F.
Nuclear Research Institute of the Academy of Sciences of the UkrSSR,
Kiev

Vasil'chenko, V.S.
Minister of Labour of the UkrSSR,
Kiev

Venediktova, N.A.
UkrSSR Hydrometeorological Research Institute,
Kiev

Yakovenko, N.S.
Regional Health and Epidemiological Station of the UkrSSR,
Ovruch

Yakovlev, A.A.
Institute for the Protection of Mothers and Children of the Ministry of Health of the UkrSSR,
Kiev

Yudin, E.B.
UkrSSR Branch of the All-Union Scientific Research Institute of Agricultural Radiology,
Kiev

Zagraj, A.I.
Municipal External Dosimetry Laboratory of the UkrSSR,
Slavutich

Zhuravel, N.I.
UkrSSR Branch of the All-Union Scientific Research Institute of Agricultural Radiology,
Kiev

Zhurkina, T.V.
All-Union Scientific Centre for Radiological Medicine of the Academy of Medical Sciences of the USSR,
Kiev

Zygar, G.N.
UkrSSR Branch of the All-Union Scientific Research Institute of Agricultural Radiology,
Kiev

СССР

Abagyan, A.A.
All-Union Scientific Research Institute for Nuclear Power Plant Operation of the Ministry of Atomic Power and Industry of the USSR,
Moscow

Adamov, E.O.
Scientific Research and Design Institute for Power Technology of the Ministry of Atomic Power and Industry of the USSR,
Moscow

Aleksakhin, O.M.
All-Union Scientific Research Institute of Agricultural Radiology,
Obninsk, RSFSR

Anishchenko, V.N.
Municipal Agricultural Complex,
Novozybkov, RSFSR

Arkhipov, N.P.
Pripyat Scientific Production Group,
Chernobyl, UkrSSR

Arzhanova, E.V.
Novozybkov Branch of the Leningrad Scientific Research Institute for Radiation Health Studies of the Ministry of Health of the RSFSR,
Novozybkov, RSFSR

Astasheva, N.P.
UkrSSR Branch of the All-Union Scientific Research Institute of Agricultural Radiology,
Kiev, UkrSSR

Atroshenko, L.I.
Children's Section of the Regional Hospital,
Novozybkov, RSFSR

Avetisov, G.M.
Institute of Biophysics of the Ministry of Health of the USSR,
Moscow

Babenko, A.F.
All-Union Scientific Research Institute of Agricultural Radiology,
Obninsk, RSFSR

Bad'in, V.I.
Institute of Biophysics of the Ministry of Health of the USSR,
Moscow

Bajborodova, L.A.
Municipal Health and Epidemiological Station,
Novozybkov, RSFSR

Balonov, M.I.
Leningrad Scientific Research Institute for Radiation Health Studies of the Ministry of Health of the RSFSR,
Leningrad, RSFSR

Barannik, A.N.
Pripyat Scientific Production Group,
Chernobyl, UkrSSR

Baranov, A.E.
Institute of Biophysics of the Ministry of Health of the USSR,
Moscow

Barkhudarov, R.M.
Institute of Biophysics of the Ministry of Health of the USSR,
Moscow

Baturin, A.K.
Nutrition Institute of the Academy of Medical Sciences of the USSR,
Moscow

Baturov, B.B.
Central Advanced Training Institute of the Ministry of Atomic Power and Industry of the USSR,
Moscow

Belova, N.V.
Institute of Ecology and Evolutionary Animal Morphology of the Academy of Sciences of the USSR,
Chernobyl, UkrSSR

Belyaev, E.N.
Ministry of Health of the RSFSR,
Moscow

Belyaev, S.T.
I.V. Kurchatov Institute of Atomic Energy of the Ministry of Atomic Power and Industry of the USSR,
Moscow

Bessalaya, L.A.
Working Group of the Ministry of Atomic Power and Industry of the USSR on Implementation of the International Chernobyl Project,
Moscow

Bobovnikova, T.I.
Typhoon Scientific Production Group of the USSR State Committee for Hydrometeorology,
Obninsk, RSFSR

Bochkov, L.P.
Typhoon Scientific Production Group of the USSR State Committee for Hydrometeorology,
Obninsk, RSFSR

Boldarev, M.M.
RSFSR Non-Fertile Soil Construction Association,
Moscow

Borisov, G.I.
I.V. Kurchatov Institute of Atomic Energy of the Ministry of Atomic Power and Industry of the USSR,
Moscow

Borodastov, G.V.
Working Group of the Ministry of Atomic Power and Industry of the USSR on Implementation of the International Chernobyl Project,
Moscow

Borovoj, A.A.
I.V. Kurchatov Institute of Atomic Energy of the Ministry of Atomic Power and Industry of the USSR,
Moscow

Borzilov, V.A.
Typhoon Scientific Production Group of the USSR State Committee for Hydrometeorology,
Obninsk, RSFSR

Bruk, G.Ya.
Novozybkov Branch of the Leningrad Scientific Research Institute for Radiation Health Studies of the Ministry of Health of the RSFSR,
Novozybkov, RSFSR

Buldakov, L.A.
Institute of Biophysics of the Ministry of Health of the USSR,
Moscow

Bulgakov, I.A.
Council of Ministers of the RSFSR,
Moscow

Bulychev, O.A.
USSR State Commission for Foodstuffs and Supplies,
Moscow

Busurin, Yu.N.
Office of International Relations of the Ministry of Atomic Power and Industry of the USSR,
Moscow

Bychkov, A.S.
USSR Civil Defence Staff,
Moscow

Cheburaev, V.I.
Ministry of Health of the USSR,
Moscow

Chelyukanov, V.V.
State Committee for Hydrometeorology of the USSR,
Moscow

Cherkashov, Yu.M.
Scientific Research and Design Institute for Power Technology of the Ministry of Atomic Power and Industry of the USSR,
Moscow

Chernitsov, V.B.
Central Advanced Training Institute of the Ministry of Atomic Power and Industry of the USSR.
Moscow

Chtetsov, V.P.
Moscow State University,
Moscow

Chugunov, V.A.
Chernobyl Nuclear Power Plant,
Chernobyl, UkrSSR

Chumichov, V.B.
Typhoon Scientific Production Group of the USSR State Committee for Hydrometeorology,
Obninsk, RSFSR

Demichev, A.P.
Regional Executive Committee,
Kaluga, RSFSR

Demin, V.F.
I.V. Kurchatov Institute of Atomic Energy of the Ministry of Atomic Power and Industry of the USSR,
Moscow

Список участников Международного чернобыльского проекта

Dibobes, I.K.
Institute of Applied Geophysics,
Moscow

Dobromyslov, V.V.
I.V. Kurchatov Institute of Atomic Energy of the Ministry of Atomic Power and Industry of the USSR,
Moscow

Dolgova, N.A.
Office of International Relations of the Ministry of Atomic Power and Industry of the USSR,
Moscow

Dushutin, K.K.
Pripyat Scientific Production Group,
Chernobyl, UkrSSR

Ermilov, A.R.
All-Union Scientific Research Institute of Physical and Radiation Measurements,
Moscow

Fesenko, S.V.
All-Union Scientific Research Institute of Agricultural Radiology,
Obninsk, RSFSR

Feshchenko, V.V.
Regional Executive Committee,
Bryansk, RSFSR

Fil'chagov, L.P.
Pripyat Scientific Production Group,
Chernobyl, UkrSSR

Filyushkin, I.V.
Institute of Biophysics of the Ministry of Health of the USSR,
Moscow

Firsanov, V.B.
Scientific Research Institute for Marine Transport Health Studies,
Leningrad, RSFSR

Gajchenko, V.A.
Institute of Ecology and Evolutionary Animal Morphology of the Academy of Sciences of the USSR,
Chernobyl, UkrSSR

Galaev, E.I.
Scientific Research Institute for Marine Transport Health Studies,
Leningrad, RSFSR

Gasilina, N.K.
USSR State Committee for Hydrometeorology,
Moscow

Gavrilin, Yu.I.
Institute of Biophysics of the Ministry of Health of the USSR,
Moscow

Gaziev, Ya.I.
Typhoon Scientific Production Group of the USSR State Committee for Hydrometeorology,
Obninsk, RSFSR

Geras'kov, O.P.
Municipal Hospital,
Novozybkov, RSFSR

Glinka, E.V.
USSR State Commission for Foodstuffs and Supplies,
Moscow

Gorbatkov, F.D.
Regional Executive Committee,
Bryansk, RSFSR

Gorbunova, N.
Institute of Biophysics of the Ministry of Health of the USSR,
Moscow

Gordeev, K.
Institute of Biophysics of the Ministry of Health of the USSR,
Moscow

Gordienko, A.I.
Pripyat Scientific Production Group,
Chernobyl, UkrSSR

Gruzdev, G.P.
Institute of Biophysics of the Ministry of Health of the USSR,
Moscow

Gryaznova, A.A.
Institute of Biophysics of the Ministry of Health of the USSR,
Moscow

Gubanov, V.A.
State Committee of the Council of Ministers of the USSR on the Rectification of the Consequences of the Chernobyl Accident,
Moscow

Guchanov, D.E.
Centre for Agrochemical Radiology,
Bryansk, RSFSR

Gul'ev, B.F.
Institute of Ecology and Evolutionary Animal Morphology of the Academy of Sciences of the USSR,
Chernobyl, UkrSSR

Gusev, I.A.
Institute of Biophysics of the Ministry of Health of the USSR,
Moscow

Gus'kova, A.K.
Institute of Biophysics of the Ministry of Health of the USSR,
Moscow

Il'in, L.A.
Institute of Biophysics of the Ministry of Health of the USSR,
Moscow

Ivanov, B.P.
(Formerly) USSR Civil Defence Headquarters,
Moscow

Ivanov, S.I.
Ministry of Health of the USSR,
Moscow

Ivanov, V.K.
Institute of Medical Radiology of the Academy of Medical Sciences of the USSR,
Obninsk, RSFSR

Izmalkov, V.I.
USSR Civil Defence Headquarters,
Moscow

Israel, Yu.A.
State Committee for Hydrometeorology of the USSR,
Moscow

Kajdanovskij, G.N.
Novozybkov Branch of the Leningrad Scientific Research Institute for Radiation Health Studies of the Ministry of Health of the RSFSR,
Novozybkov, RSFSR

Kambulov, I.N.
State Committee of the Council of Ministers of the USSR on the Rectification of the Consequences of the Chernobyl Accident,
Moscow

Kaplun, I.S.
Municipal Health and Epidemiological Station,
Novozybkov, RSFSR

Karasyuk, A.A.
Pripyat Scientific Production Group,
Chernobyl, UkrSSR

Kashcheeva, I.V.
Institute of Biophysics of the Ministry of Health of the USSR,
Moscow

Kazakov, Yu.F.
USSR State Committee for Hydrometeorology,
Moscow

Kham'yanov, L.P.
All-Union Scientific Research Institute for Nuclear Power Plant Operation of the Ministry of Atomic Power and Industry of the USSR,
Moscow

Khodkin, S.S.
State Committee for Hydrometeorology of the USSR,
Moscow

Khomichenko, S.A.
Nutrition Institute of the Academy of Medical Sciences of the USSR,
Moscow

Khrushch, V.T.
Institute of Biophysics of the Ministry of Health of the USSR,
Moscow

Kirillov, Yu.S.
Office of the Head of Chemical Warfare of the Ministry of Defence of the USSR,
Moscow

Kiryushin, V.I.
USSR State Commission for Foodstuffs and Supplies,
Moscow

Knizhnikov, V.A.
Institute of Biophysics of the Ministry of Health of the USSR,
Moscow

Kochukov, V.L.
Regional Office for Foodstuffs and Supplies,
Bryansk, RSFSR

Kondrusev, A.I.
Ministry of Health of the USSR,
Moscow

Konstantinov, Yu.O.
Leningrad Scientific Research Institute for Radiation Health Studies of the Ministry of Health of the RSFSR,
Leningrad, RSFSR

Kopchinskij, G.A.
Bureau of the USSR Council of Ministers for Fuel and Energy,
Moscow

Korepanov, G.V.
Central Advanced Training Institute of the Ministry of Atomic Power and Industry of the USSR,
Moscow

Kornelyuk, V.A.
Central Advanced Training Institute of the Ministry of Atomic Power and Industry of the USSR,
Moscow

Kornikhin, Yu.O.
Scientific Research Institute for Marine Transport Health Studies,
Leningrad, RSFSR

Kovtun, A.N.
Scientific Research Institute for Marine Transport Health Studies,
Leningrad, RSFSR

Kozlovskaya, L.,
Scientific Research Institute for Marine Transport Health Studies,
Leningrad, RSFSR

Koz'min, G.V.
All-Union Scientific Research Institute of Agricultural Radiology,
Obninsk, RSFSR

Krasnoshchekov, N.V.
USSR State Commission for Foodstuffs and Supplies,
Moscow

Krasnyuk, V.I.
Central Advanced Training Institute of the Ministry of Health of the USSR,
Moscow

Kremenskov, L.S.
USSR Civil Defence Headquarters,
Moscow

Kruglikov, P.
All-Union Scientific Research Institute of Agricultural Radiology,
Obninsk, RSFSR

Krysanov, E.Yu.
Institute of Ecology and Evolutionary Animal Morphology of the Academy of Sciences of the USSR,
Chernobyl, UkrSSR

Kuchinov, V.P.
Ministry of Atomic Power and Industry of the USSR,
Moscow

Kudinova, R.V.
Ministry of Atomic Power and Industry of the USSR,
Moscow

Kudryashov, A.S.
Ministry of Atomic Power and Industry of the USSR,
Moscow

Kuleshov, I.
Ministry of Atomic Power and Industry of the USSR,
Moscow

Kulichenkov, A.I.
Ministry of Atomic Power and Industry of the USSR,
Moscow

Kulikov, A.O.
Institute of Ecology and Evolutionary Animal Morphology of the Academy of Sciences of the USSR,
Chernobyl, UkrSSR

Kurashin, V.I.
Regional Executive Committee,
Bryansk, RSFSR

Kurchenko, F.P.
USSR State Commission for Foodstuffs and Supplies,
Moscow

Kurinov, A.D.
All-Union Scientific Research Institute of Agricultural Radiology,
Obninsk, RSFSR

Kut'kov, V.A.
Institute of Biophysics of the Ministry of Health of the USSR,
Moscow

Lamonov, V.V.
Pripyat Scientific Production Group,
Chernobyl, UkrSSR

Letova, A.N.
All-Union Scientific Research Institute of Agricultural Radiology,
Obninsk, RSFSR

Lineva, I.
Gor'kij State University,
Gor'kij, RSFSR

Linge, I.I.
Institute of Biophysics of the Ministry of Health of the USSR,
Moscow

Lisyanskij, B.G.
All-Union Scientific Research Institute of Agricultural Radiology,
Obninsk, RSFSR

Logachev, V.A.
Institute of Biophysics of the Ministry of Health of the USSR,
Moscow

Lomakin, M.D.
Institute of Ecology and Evolutionary Animal Morphology of the Academy of Sciences of the USSR,
Chernobyl, UkrSSR

Lutsev, S.D.
State Committee of the Council of Ministers of the USSR on the Rectification of the Consequences of the Chernobyl Accident,
Moscow

Lyaginskaya, A.M.
Institute of Biophysics of the Ministry of Health of the USSR,
Moscow

Makeenko, S.G.
State Planning Committee of the RSFSR,
Moscow

Makhon'ko, P.
Typhoon Scientific Production Group of the USSR State Committee for Hydrometeorology,
Obninsk, RSFSR

Mar'in, V.V.
Bureau of the USSR Council of Ministers for Fuel and Energy,
Moscow

Martyshkin, V.V.
Central Advanced Training Institute of the Ministry of Atomic Power and Industry of the USSR,
Moscow

Minenko, A.I.
Regional Executive Committee,
Novozybkov, RSFSR

Mironov, V.D.
IAEA Office in Gomel;
Working Group of the USSR Ministry of Atomic Power and Industry on Implementation of the International Chernobyl Project,
Moscow

Mitlyaeva, N.A.
Institute of Biophysics of the Ministry of Health of the USSR,
Moscow

Molokanov, A.A.
Institute of Biophysics of the Ministry of Health of the USSR,
Moscow

Molotkov, E.M.
Regional Executive Committee,
Bryansk, RSFSR

Moshkin, O.Yu.
Central Advanced Training Institute of the Ministry of Atomic Power and Industry of the USSR,
Moscow

Myasnikov, V.G.
Typhoon Scientific Production Group of the USSR State Committee for Hydrometeorology,
Obninsk, RSFSR

Nadezhina, N.M.
Institute of Biophysics of the Ministry of Health of the USSR,
Moscow

Nasledukhov, E.A.
Ministry of Atomic Power and Industry of the USSR,
Moscow

Nefedov, G.F.
Ministry of Atomic Power and Industry of the USSR,
Moscow

Nigiyan, V.A.
Institute of Biophysics of the Ministry of Health of the USSR,
Moscow

Nikipelov, B.V.
Ministry of Atomic Power and Industry of the USSR,
Moscow

Ostapyuk, I.V.
Central Advanced Training Institute of the Ministry of Atomic Power and Industry of the USSR,
Moscow

Panfilov, I.I.
RSFSR State Planning Committee,
Moscow

Panov, V.G.
Ministry of Health of the RSFSR,
Moscow

Panteleeva, A.P.
All-Union Scientific Research Institute of Agricultural Radiology,
Obninsk, RSFSR

Parkhomenko, V.L.
Novozybkov Branch of the Leningrad Scientific Research Institute for Radiation Health Studies of the Ministry of Health of the RSFSR,
Novozybkov, RSFSR

Parshin, V.S.
Institute of Medical Radiology of the USSR,
Obninsk, RSFSR

Pavlovskij, O.A.
Institute of Biophysics of the Ministry of Health of the USSR,
Moscow

Pavlovskij, V.P.
USSR Civil Defence Headquarters,
Moscow

Perminova, G.S.
Ministry of Health of the RSFSR,
Moscow

Petrov, K.V.
All-Union Scientific Research Institute of Agricultural Radiology,
Obninsk, RSFSR

Petrov, L.A.
USSR State Committee for the Environment,
Moscow

Petrunenko, A.I.
Regional Executive Committee,
Bryansk, RSFSR

Pikalov, V.K.
Office of the Head of Chemical Warfare of the Ministry of Defence of the USSR,
Moscow

Plekhanov, A.N.
All-Union Scientific Research Institute for Fertilizers and Agricultural Land Management of the Lenin All-Union Academy of Agricultural Sciences,
Novozybkov, RSFSR

Podstrigich, T.A.
Regional Executive Committee,
Bryansk, RSFSR

Pokutnyj, P.P.
Pripyat Scientific Production Group,
Chernobyl, UkrSSR

Polonskij, V.T.
Ministry of Agricultural Produce of the RSFSR,
Moscow

Ponomarev, A.V.
Novozybkov Branch of the Leningrad Scientific Research Institute for Radiation Health Studies of the Ministry of Health of the RSFSR,
Novozybkov, RSFSR

Popov, D.K.
Novozybkov Branch of the Leningrad Scientific Research Institute for Radiation Health Studies of the Ministry of Health of the RSFSR,
Novozybkov, RSFSR

Porfir'ev, B.N.
All-Union Scientific Research Institute of Systems Analysis of the Academy of Sciences of the USSR,
Moscow

Posadskij, V.I.
All-Union Scientific Research Institute of Agricultural Radiology,
Obninsk, RSFSR

Povalyaev, A.P.
USSR State Commission on Foodstuffs and Supplies,
Moscow

Pozdyshev, E.N.
Ministry of Atomic Power and Industry of the USSR,
Moscow

Prokof'ev, E.M.
Scientific Research Institute for Marine Transport Health Studies,
Leningrad, RSFSR

Proskuryakov, A.G.
Pripyat Scientific Production Group,
Chernobyl, UkrSSR

Rabchuk, I.A.
Working Group of the Ministry of Atomic Power and Industry of the USSR on Implementation of the International Chernobyl Project,
Moscow

Ramzaev, P.V.
Leningrad Scientific Research Institute for Radiation Health Studies of the Ministry of Health of the RSFSR,
Leningrad, RSFSR

Ratnikov, A.N.
All-Union Scientific Research Institute of Agricultural Radiology,
Obninsk, RSFSR

Razumeeva, G.V.
Municipal Executive Committee,
Novozybkov, RSFSR

Red'kin, V.V.
State Committee of the Council of Ministers of the USSR on the Rectification of the Consequences of the Chernobyl Accident,
Moscow

Rejkhtman, G.I.
Chernobyl Nuclear Power Plant,
Chernobyl, UkrSSR

Reznichenko, B.Yu.
Central Advanced Training Institute of the Ministry of Atomic Power and Industry of the USSR,
Moscow

Risovanij, Yu.V.
Pripyat Scientific Production Group,
Chernobyl, UkrSSR

Rogachev, N.P.
Regional Executive Committee,
Zlynka, RSFSR

Ryabov, I.N.
Institute of Ecology and Evolutionary Animal Morphology of the Academy of Sciences of the USSR,
Chernobyl, UkrSSR

Rynka, A.A.
Supreme Soviet of the USSR,
Moscow

Ryzhov, M.N.
Ministry of Atomic Power and Industry of the USSR,
Moscow

Samojlenko, V.M.
Regional Executive Committee,
Bryansk, RSFSR

Sarychev, V.A.
State Commission of the Council of Ministers of the RSFSR on Emergency Situations,
Moscow

Savkin, M.N.
Institute of Biophysics of the Ministry of Health of the USSR,
Moscow

Sedov, M.A.
Pripyat Scientific Production Group,
Chernobyl, UkrSSR

Semenov, P.E.
USSR State Planning Committee,
Moscow

Senin, E.V.
Pripyat Scientific Production Group,
Chernobyl, UkrSSR

Sergienko, T.S.
Typhoon Scientific Production Group of the USSR State Committee for Hydrometeorology,
Obninsk, RSFSR

Shcheplyagina, L.A.
Ministry of Health of the USSR,
Moscow

Shershakov, V.M.
Typhoon Scientific Production Group of the USSR State Committee for Hydrometeorology,
Obninsk, RSFSR

Shiker, E.P.
Regional Health and Epidemiological Station,
Novozybkov, RSFSR

Shishkanov, A.P.
USSR Civil Defence Headquarters,
Moscow

Shmatok, N.P.
Regional Executive Committee,
Zlynka, RSFSR

Shmelev, V.M.
I.V. Kurchatov Institute of Atomic Energy of the Ministry of Atomic Power and Industry of the USSR,
Moscow

Silant'ev, A.N.
Typhoon Scientific Production Group of the USSR State Committee for Hydrometeorology,
Obninsk, RSFSR

Siroshtan, V.G.
Pripyat Scientific Production Group,
Chernobyl, UkrSSR

Sivolap, T.E.
Novozybkov Branch of the Leningrad Scientific Research Institute for Radiation Health Studies of the Ministry of Health of the RSFSR,
Novozybkov, RSFSR

Skoropad, Yu.D.
Institute of Medical Radiology of the Academy of Medical Sciences of the USSR,
Obninsk, RSFSR

Smirnova, O.G.
Institute of Ecology and Evolutionary Animal Morphology of the Academy of Sciences of the USSR,
Chernobyl, UkrSSR

Snykov, V.P.
Typhoon Scientific Production Group of the USSR State Committee for Hydrometeorology,
Obninsk, RSFSR

Sokolov, V.A.
State Committee of the Council of Ministers of the USSR on the Rectification of the Consequences of the Chernobyl Accident,
Moscow

Sokolovskij, V.G.
USSR State Committee for the Environment,
Moscow

Sorokin, N.M.
Chernobyl Nuclear Power Plant,
Chernobyl, UkrSSR

Spasskij, B.B.
Ministry of Health of the USSR,
Moscow

Spirin, E.V.
All-Union Scientific Research Institute of Agricultural Radiology,
Obninsk, RSFSR

Starodumov, V.M.
Pripyat Scientific Production Group,
Chernobyl, UkrSSR

Stolbov, S.N.
Central Advanced Training Institute of the Ministry of Atomic Power and Industry of the USSR,
Moscow

Stukin, E.K.
USSR State Committee for Hydrometeorology,
Moscow

Sumin, I.P.
Pripyat Scientific Production Group,
Chernobyl, UkrSSR

Svetlichnij, S.M.
Scientific Research Institute for Marine Transport Health Studies,
Leningrad, RSFSR

Tereshchenkov, A.S.
Regional Executive Committee,
Bryansk, RSFSR

Teslenko, V.P.
Typhoon Scientific Production Group of the USSR State Committee for Hydrometeorology,
Obninsk, RSFSR

Testov, B.V.
Institute of Ecology and Evolutionary Animal Morphology of the Academy of Sciences of the USSR,
Chernobyl, UkrSSR

Tikhomirov, D.D.
Institute of Biophysics of the Ministry of Health of the USSR,
Moscow

Timenov, V.V.
Moscow State University,
Moscow

Tokarev, N.P.
Municipal Executive Committee,
Novozybkov, RSFSR

Toritsyn, O.S.
Scientific Research Institute for Nuclear Power Plant Operation of the Ministry of Atomic Power and Industry of the USSR,
Moscow

Trusova, N.E.
Institute of Biophysics of the Ministry of Health of the USSR,
Moscow

Tsaturov, Yu.S.
USSR State Committee for Hydrometeorology,
Moscow

Tukov, A.R.
Institute of Biophysics of the Ministry of Health of the USSR,
Moscow

Umanets, M.P.
Chernobyl Nuclear Power Plant,
Chernobyl, UkrSSR

Ushcherbov, G.S.
USSR State Planning Committee,
Moscow

Vakulovskij, S.M.
Typhoon Scientific Production Group of the USSR State Committee for Hydrometeorology,
Obninsk, RSFSR

Vasil'ev, A.V.
All-Union Scientific Research Institute of Agricultural Radiology,
Obninsk, RSFSR

Vasilevitskij, V.A.
Municipal Health and Epidemiological Station,
Novozybkov, RSFSR

Vasutin, S.I.
Regional Executive Committee,
Tula, RSFSR

Vesnovskaya, I.S.
Gor'kij State University,
Gor'kij, RSFSR

Vinyukov, K.I.
USSR Civil Defence Headquarters,
Moscow

Volokiotin, A.A.
Typhoon Scientific Production Group of the USSR State Committee for Hydrometeorology,
Obninsk, RSFSR

Voloshchuk, S.S.
RSFSR State Committee on the Rectification of the Consequences of the Chernobyl Accident,
Moscow

Voronezhtsev, Yu.I.
Supreme Soviet of the USSR,
Moscow

Voznyak, V.Ya.
State Committee of the Council of Ministers of the USSR on the Rectification of the Consequences of the Chernobyl Accident,
Moscow

Yakubovich, N.D.
Regional Executive Committee,
Bryansk, RSFSR

Zhigareva, T.L.
All-Union Scientific Research Institute of Agricultural Radiology,
Obninsk, RSFSR

Zhukov, V.M.
Scientific Research and Design Institute for Power Technology of the Ministry of Atomic Power and Industry of the USSR,
Moscow

Zubovskij, G.A.
Scientific Research Institute of X Ray Radiology of the Ministry of Health of the RSFSR,
Moscow

Zvonova, I.A.
Novozybkov Branch of the Leningrad Scientific Research Institute for Radiation Health Studies of the Ministry of Health of the RSFSR,
Novozybkov, RSFSR

Zyablitskaya, E.Ya.
All-Union Scientific Research Institute of Agricultural Radiology,
Obninsk, RSFSR

Великобритания

Beresford, N.
Institute of Terrestrial Ecology,
Grange-over-Sands

Berry, R.J.
British Nuclear Fuels plc,
Risley

Bobrow, M.
Prince Philip Research Laboratories,
London

Duncan, K.
(Formerly) National Radiological Protection Board,
Westfield

French, G.S.
University of Leeds,
Leeds

Fry, F.
National Radiological Protection Board,
Chilton

Grime, G.W.
University of Oxford,
Oxford

Howard, B.
Institute of Terrestrial Ecology,
Grange-over-Sands

Lee, T.R.
University of St. Andrews,
St. Andrews

Lloyd, D.
National Radiological Protection Board,
Chilton

Mitchell, N.T.
Ministry of Agriculture and Fisheries Laboratory,
Lowestoft

Morrey, M.
National Radiological Protection Board,
Chilton

Reeves, G.
University of Oxford,
Oxford

Schaefer, M.
British Nuclear Forum,
London

O'Riordan, M.C.
National Radiological Protection Board,
Chilton

Ward, N.
University of Surrey,
Guildford

Watt, F.
University of Oxford,
Oxford

Wilkins, B.T.
National Radiological Protection Board,
Chilton

Winteringham, P.
Darbod,
Harlech

Соединенные Штаты Америки

Anspaugh, L.R.
Lawrence Livermore National Laboratory,
Livermore, California

Bouville, A.
Department of Energy,
New York, N.Y.

Chase, C.F.
Washington, D.C.

Collins, C.A.
University of New Mexico,
Albuquerque, New Mexico

Davis, H.A.
Department of Energy,
New York, N.Y.

Ginzburg, H.M.
United States Public Health Service,
Rockville, Maryland

Goldman, M.
University of California,
Davis, California

Hurley, J.R.
Division of Nuclear Medicine,
New York, N.Y.

Hutter, A.R.
Department of Energy,
New York, N.Y.

Kenneke, A.
Nuclear Regulatory Commission,
Washington, D.C.

Klusek, C.S.
Department of Energy,
New York, N.Y.

Littlefield, L.G.
Oak Ridge Associated Universities,
Oak Ridge, Tennessee

Loesch, R.M.
Health Physics Society,
Washington, D.C.

Mettler, F.A., Jr., MD
University of New Mexico,
Albuquerque, New Mexico

Miller, K.
Department of Energy,
New York, N.Y.

Monetti, M.A.
Department of Energy,
New York, N.Y.

Nelson, J.W.
Florida State University,
Tallahassee, Florida

Perkins, R.W.
Battelle Pacific Northwest Laboratories,
Richland, Washington

Reichle, D.
Oak Ridge National Laboratory,
Oak Ridge, Tennessee

Ricks, R.
Oak Ridge Associated Universities,
Oak Ridge, Tennessee

Royal, C.
Town and Country,
St. Louis, Missouri

Royal, H.D., MD
Washington University Medical Center,
St. Louis, Missouri

Saenger, E.
University of Cincinnati,
Cincinnati, Ohio

Stark, M.
University of New Mexico,
Albuquerque, New Mexico

Stark, S.N., MD
University of New Mexico,
Albuquerque, New Mexico

Swinth, K.L.
Battelle Pacific Northwest Laboratories,
Richland, Washington

Thiessen, J.W., MD
(Present address) Radiation Effects Research Foundation,
Nagasaki

Wachholz, B.W.
National Cancer Institute,
Bethesda, Maryland

Ward, G.M.
Colorado State University,
Fort Collins, Colorado

Winchester, J.W.
Florida State University,
Tallahassee, Florida

Югославия

Korun, M.
E. Kardelj University,
Ljubljana

Limi, N.
Ruder Bošković Institute,
Zagreb

Stegnar, P.
E. Kardelj University,
Ljubljana

Комиссия Европейских Сообществ (КЕС)

Dorogoi, A.
Brentford

Kelly, N.G.
Directorate General for Science Research and Development,
Brussels

Luykx, F.
Directorate General for Environment, Civil Protection and Nuclear Safety,
Luxembourg

Sabbioni, E.
Research Centre,
Ispra (Varese)

Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН (ФАО)

Gheorghiev, G.K.
Food Policy and Nutrition Division,
Rome

McNamara-Hutchinson, J.
Rome

Randell, A.W.
Food Policy and Nutrition Division,
Rome

Международное агентство по атомной энергии (МАГАТЭ)

Anderer, J.
Asculai, E.
Barabanova, A.
Bridi, D.
Burns, K. *(as of July 1990 under Canada)*
Bush, W.
Carnino, A.
Congdon, M.
Cooper, E.
Crick, M.J.
Dekner, R.
Dreicer, M.
Fröhlich, K.
Gaensbacher, J.
Ghods-Esphahani, A.
Girzikowsky, R.
González, A.J.
Griffith, R.
Haider, K.
Hartmann, R.
Haselberger, N.
Heiss, J.
Hochmann, R.
Jansta, V.
Kenneke, A. *(as of September 1990 under USA)*
La Rosa, J.
Makarewicz, M.
Mouchkin, V.
Mrabit, K.
Mukherjee, R.
Ogris, R.
Ouvrard, R.
Parr, R.
Pavlick, P.
Rosen, M.
Shawky, S.
Skornik, K.
Stichler, W.
Strachnov, V.
Vajda, N.
Valkovic, V.
Wehrstein-Werner, E.
Zeiller, E.

Международная организация труда (МОТ)

Coppee, G.H., MD
Occupational Health,
Geneva

Научный комитет ООН по действию атомной радиации (НКДАР)

Bennett, B.G.
Vienna

Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ)

Beral, V.
Radcliffe Infirmary,
Oxford

Eden, T.
Royal Hospital for Sick Children,
Edinburgh

Petridou, E., MD
European Society for Social Paediatrics,
Athens

Sheppard, M.C.
University of Birmingham,
Birmingham

Smales, E.
Department of Health and Social Security,
London

Всемирная метеорологическая организация (ВМО)

Landa, E.R.
Department of the Interior,
Reston, Virginia, USA

Группы поддержки

Проведение анализов

Лаборатория МАГАТЭ, Зайберсдорф

Ghods-Esphahani, A.
^{90}Sr

Jansta, V.
Gamma spectrometry

La Rosa, J.
Pu isotopes

Makarewicz, M.
Gamma spectrometry

Ogris, R.
Neutron activation analysis

Shawky, S.
^{90}Sr

Vajda, N.
Pu isotopes

Wehrstein-Werner, E.
Atomic absorption spectrometry

Zeiller, E.
Inductively coupled plasma emission spectrometry

Австрия

Atominstitut der Österreichischen Universitäten, Vienna

Buchtela, K.
Gamma spectrometry

Bundesanstalt für Lebensmitteluntersuchung und Forschung, Vienna

Vojir, F.
Atomic absorption spectrometry

Zahlbruckner, R.
Atomic absorption spectrometry

Bundesanstalt für Lebensmitteluntersuchungen, Graz

Holzer, H.
Atomic absorption spectrometry

Schindler, R.
Atomic absorption spectrometry

Bundesversuchs- und Forschungsanstalt Arsenal, Vienna

Rank, D.
Gamma spectrometry

Maringer, F.J.
Gamma spectrometry

Institute of General Biology, Biochemistry and Biophysics, University of Salzburg, Salzburg

Lettner, H.
Gamma spectrometry

Österreichisches Forschungszentrum Seibersdorf GmbH, Seibersdorf

Duftschmid, K.
Gamma spectrometry

Lovranich, E.
Gamma spectrometry

Streit, S.
Pu isotopes

Финляндия

Agricultural Research Centre of Finland, Jokioinen

Kumpulainen, J.

Германия

Forschungszentrum Jülich GmbH, Jülich

Heinzelmann, M.
Gamma spectrometry

Schirmer, F.
^{90}Sr

Institut für Strahlenhygiene des Bundesgesundheitsamtes, Abteilung Radioaktive Stoffe und Umwelt, Neuherberg/Munich

Winkelmann, J.
Gamma spectrometry, in situ gamma spectrometry

Kernforschungszentrum Karlsruhe, Bundesforschungsanstalt für Ernährung, Karlsruhe

Schelenz, R.
Gamma spectrometry

Medizinische Universität, Klinik für innere Medizin, Lübeck

Gutekunst, R.

Венгрия

Health Physics Department, Central Research Institute for Physics, Budapest

Zombori, P.
Gamma spectrometry

Италия

Comitato Nazionale per la Ricerca e per lo Sviluppo dell'Energia nucleare e delle Energie Alternative CRE Casaccia, Area Ambiente AMB-BIO, Rome

Ingrao, G.

National Institute of Nutrition, Rome

Santaroni, G.P.

Нидерланды

Delft University of Technology, Interfaculty Reactor Institute, Delft

Ammerlaan, M.J.J.
Atomic absorption spectrometry, instrumental neutron activation analysis

van den Berg, G.J.
Atomic absorption spectrometry, instrumental neutron activation analysis

Volkers, K.J.
Atomic absorption spectrometry, instrumental neutron activation analysis

Wolterbeek, H.T.
Atomic absorption spectrometry, instrumental neutron activation analysis

Woroniecka, U.D.
Atomic absorption spectrometry, instrumental neutron activation analysis

Швеция

Department of Occupational Medicine, University Hospital, Lund

Abdulla, M.

Schütz, A.

Великобритания

Surrey Chemical Trace Analysis Research, Department of Chemistry, University of Surrey, Guildford

Ward, N.

Соединенные Штаты Америки

Battelle Pacific Northwest Laboratories, Richland, Washington

Perkins, R.W.
Gamma spectrometry

Environmental Measurements Laboratory, Environmental Studies Division, New York, N.Y.

Klusek, C.S.
Gamma spectrometry

Florida State University, Tallahassee, Florida

Nelson, J.W.
X ray fluorescence

Югославия

Department of Nuclear Chemistry, Jozef Stefan Institute, E. Kardelj University, Ljubljana

Dermelj, M.
Hg, Se, I

Komosa, A.
Gamma spectrometry, Pu

Korun, M.
Gamma spectrometry

Prosenc, A.
Hg, Se, I

Stegnar, P.
Gamma spectrometry, ^{90}Sr, Pu, Hg, Se, I

Stibilj, V.
Hg, Se, I

Оказание поддержки группам врачей

При выезде врачей на места обследования им оказывали поддержку следующие лица:

Bebeshko, V.G.
All-Union Scientific Centre for Radiological Medicine of the Academy of Medical Sciences of the USSR, Kiev, UkrSSR

Bryslova, K.
All-Union Scientific Centre for Radiological Medicine of the Academy of Medical Sciences of the USSR, Kiev, UkrSSR

Cheban, A.K.
All-Union Scientific Centre for Radiological Medicine of the Academy of Medical Sciences of the USSR, Kiev, UkrSSR

Chesin, V.
All-Union Scientific Centre for Radiological Medicine of the Academy of Medical Sciences of the USSR, Kiev, UkrSSR

Parshin, V.S.
Medical Radiology Institute, Obninsk

Taranenko, M.G.
All-Union Scientific Centre for Radiological Medicine of the Academy of Medical Sciences of the USSR, Kiev, UkrSSR

Zhyrkina, T.V.
All-Union Scientific Centre for Radiological Medicine of the Academy of Medical Sciences of the USSR, Kiev, UkrSSR

Assistance was also provided by:

Griaznova, E.
Hospital 6, Moscow

Krasnyuk, V.I.
Hospital 6, Moscow

Ramirez, Y.
University of New Mexico, Albuquerque, New Mexico, USA

Romanenko, A.E.
All-Union Scientific Centre for Radiological Medicine of the Academy of Medical Sciences of the USSR, Kiev, UkrSSR

Tsvetkova, O.A.
All-Union Scientific Centre for Radiological Medicine of the Academy of Medical Sciences of the USSR, Kiev, UkrSSR

Приносим также благодарность следующим лицам за оказание помощи и советы в сфере их занятий:

Эпидемиологии

Beebe, G.
Clinical Epidemiology Branch, National Cancer Institute, Bethesda, Maryland, USA

Beral, V., and group
Gibson Laboratory, Radcliffe Infirmary, Oxford, United Kingdom

Kuramoto, A., and others
Radiation Effects Research Foundation, Hiroshima, Japan

Samet, J.
School of Medicine, University of New Mexico, Albuquerque, New Mexico, USA

Оборудования

Armitage, E.
Academy of Health Sciences, United States Army, San Antonio, Texas, USA

Гематологии

Oske, F.
Department of Medicine, Johns Hopkins University, Baltimore, Maryland, USA

Dallman, P.
Department of Medicine, University of California at San Francisco, San Francisco, California, USA

Свинца

Matte, T.
Lead Program, Center for Disease Control, Atlanta, Georgia, USA

Щитовидной железы

Becker, D.
Department of Nuclear Medicine, New York Hospital, Cornell University Medical Center, New York, N.Y., USA

Gorman, C.
Department of Medicine, Mayo Clinic, Rochester, Minnesota, USA

Административная помощь

Аэрофлот

Bratsun, E.V.
Moscow

Swift, R.
New York

Zavalishina, M.I.
Moscow

Международное агентство по атомной энергии (МАГАТЭ)

Adler, A.
Bacher, H.
Brandl, I.
Cejka, G.
Cibulka, R.
De Monte, M.
Delgado, E.
Delves, D.M.
Demal, G.
Diesner-Küpfer, A.
Dietl, W.
Dreger, G.
Dworzak, H.
Emge, I.
Fischer, R.
Fischl, R.
Frank, E.
Frank, M.
Gerken, W.
Hanel, G.
Hendricks, J.
Hobot, M.
Holzberger, I.
Huemer, C.
Karbassioun, M.
Kelleher, R.F.
Klimscha, F.
Kornis, S.
Kreutzer, W.
Lewis, M.
Løvschall, I. *(Assistant project manager, 1991)*
Luttenfeldner, R.
Murray, P.
Patak, P.
Peniston-Bird, R.
Platzer, R.
Popova, M.
Primes, A.
Prochaska, F.
Pucci, L.
Ramesh, G.V.
Ratheiser, S.
Rath-Türk, C.
Rombach, C.
Scharf, I.
Seitz, S.
Takacsy, M.
Utner, R.
Vide, L.
Wan Hamid, W.Z.
Weil, J.
Williams, M. *(Assistant project manager, 1990)*
Witter, N.
Yamashita, V.
Zappe, M.
Zink, U.
Zmuck, E.

Научных комитет ООН по действию атомной радиации (НКДАР)

Habersack, S.
Holzer, W.

Материально-техническое обеспечение в СССР

Aderikha, V.N.
Translator,
Trade and Industry Office,
Gomel, BSSR

Anikanova, A.
Translator/editor,
Central Bureau of Interpreters,
Moscow

Artemenko, F.P.
Translator,
Pripyat Scientific Production Group,
Chernobyl, UkrSSR

Babarina, L.I.
Translator/editor,
Office of International Relations of the Ministry of Atomic Power and Industry of the USSR,
Moscow

Belousova, E.N.
Translator,
Intourist,
Moscow

Beránek, J.
IAEA Office in Gomel,
Gomel, BSSR

Bessalaya, L.A.
Translator/editor,
Working Group of the Ministry of Atomic Power and Industry of the USSR on the Implementation of the International Chernobyl Project,
Moscow

Список участников Международного чернобыльского проекта

Bruj, E.I.
Translator,
Trade and Industry Office,
Gomel, BSSR

Buravkova, N.V.
IAEA Office in Gomel;
Regional Executive Committee,
Gomel, BSSR

Burtsev, L.F.
Translator,
Trade and Industry Office,
Gomel, BSSR

Chepelov, V.I.
IAEA Office in Gomel;
Regional Executive Committee,
Gomel, BSSR

Chertok, T.V.
IAEA Office in Gomel,
Gomel, BSSR

Demidova, E.A.
Translator,
Bryansk Technological Institute,
Bryansk, RSFSR

Evdokimenko, E.I.
Translator/editor,
Working Group of the Ministry of Atomic Power and Industry of the USSR on the Implementation of the International Chernobyl Project,
Moscow

Evleva, N.M.
Translator,
Institute of Radiation Medicine of the Ministry of Health of the BSSR,
Minsk, BSSR

Griaznova, E.A.
Translator/editor,
Institute of Biophysics of the Ministry of Health of the USSR,
Moscow

Kalinkin, Yu.D.
Translator,
IAEA Office in Gomel,
Gomel, BSSR

Kondachkova, L.N.
Translator/editor,
Ministry of Atomic Power and Industry of the USSR,
Moscow

Kudinova, R.V.
Translator/editor,
Ministry of Atomic Power and Industry of the USSR,
Moscow

Lebedev, A.E.
Translator/editor,
Ministry of Atomic Power and Industry of the USSR,
Moscow

Lyapin, A.E.
Interpreter,
M. Torez Institute of Foreign Languages,
Moscow

Mamsourova, E.A.
Interpreter,
Ministry of Atomic Power and Industry of the USSR,
Moscow

Mikhajlova, O.A.
Working Group of the Ministry of Atomic Power and Industry of the USSR on the Implementation of the International Chernobyl Project,
Moscow

Mironov, V.D.
IAEA Office in Gomel,
Gomel, BSSR

Nasledukhov, E.A.
Translator/editor,
Ministry of Atomic Power and Industry of the USSR,
Moscow

Nesterov, M.P.
Translator/editor,
Central Bureau of Interpreters,
Moscow

Nevskaya, I.A.
Translator,
All-Union Scientific Research Institute of Agricultural Radiology,
Obninsk, RSFSR

Novikova, G.V.
Working Group of the Ministry of Atomic Power and Industry of the USSR on the Implementation of the International Chernobyl Project,
Moscow

Orekhova, N.N.
Interpreter,
Central Bureau of Interpreters,
Moscow

Ostapyuk, I.V.
Translator/editor,
Central Advanced Training Institute of the Ministry of Atomic Power and Industry of the USSR,
Moscow

Pashchenko, A.V.
Interpreter,
Foreign Languages Institute,
Minsk, BSSR

Perminov, S.P.
Translator/editor,
Ministry of Atomic Power and Industry of the USSR,
Moscow

Polyakova, O.A.
Interpreter,
Ministry of Atomic Power and Industry of the USSR,
Moscow

Protsenko, E.I.
Interpreter,
Pripyat Scientific Production Group,
Chernobyl, UkrSSR

Reutskaya, S.V.
IAEA Office in Gomel,
Gomel, BSSR

Ryndina, I.Yu.
Interpreter,
Institute of Biophysics of the Ministry of Health of the USSR,
Moscow

Shamkov, K.G.
Interpreter,
M. Torez Institute of Foreign Languages,
Moscow

Shesteryakov, A.M.
Interpreter,
M. Torez Institute of Foreign Languages,
Moscow

Shulikova, V.R.
Interpreter,
Central Advanced Training Institute of the Ministry of Atomic Power and Industry of the USSR,
Moscow

Stashkevich, M.P.
Translator/editor,
Working Group of the Ministry of Atomic Power and Industry of the USSR on the Implementation of the International Chernobyl Project,
Moscow

Stel'makov, E.N.
Interpreter,
Foreign Languages Institute,
Minsk, BSSR

Sten'shin, E.A.
Interpreter,
Pripyat Scientific Production Group,
Chernobyl, UkrSSR

Sukhovej, A.B.
Interpreter,
All-Union Scientific Research Institute of Agricultural Radiology,
Obninsk, RSFSR

Yashin, V.M.
Translator/editor,
Central Bureau of Interpreters,
Moscow

Zabarina, L.E.
Translator,
Pripyat Scientific Production Group,
Chernobyl, UkrSSR

Zimina, E.V.
Interpreter,
Central Advanced Training Institute of the Ministry of Atomic Power and Industry of the USSR,
Moscow

Участники конференций по принятию решений

Киев, УССР, 8–9 октября 1990 г.

Aleksakhin, R.M.
All-Union Scientific Research Institute of Agricultural Radiology,
Obninsk, RSFSR

Astasheva, N.P.
UkrSSR Branch of the All-Union Scientific Research Institute of Agricultural Radiology,
Kiev

Balyuk, G.N.
Kiev State University,
Kiev

Bar'yakhtar, V.G.
Academy of Sciences of the UkrSSR,
Kiev

Bobyleva, O.A.
Ministry of Health of the UkrSSR,
Kiev

Chumak, V.K.
Nuclear Research Institute of the Academy of Sciences of the UkrSSR,
Kiev

Gotovchits, G.A.
State Committee of the Council of Ministers of the UkrSSR for the Protection of the Public from the Consequences of the Chernobyl Accident,
Kiev

Grodzinskij, V.M.
Institute of Botanics of the Academy of Sciences of the UkrSSR,
Kiev

Kapustyan, N.K.
Civil Defence Headquarters of the UkrSSR,
Kiev

Likhtarev, I.A.
All-Union Scientific Centre for Radiological Medicine of the Academy of Medical Sciences of the USSR,
Kiev

Los, I.P.
All-Union Scientific Centre for Radiological Medicine of the Academy of Medical Sciences of the USSR,
Kiev

Mantsevitch, Y.N.
UkrSSR State Institute of City Design,
Kiev

Mazyk, K.I.
Council of Ministers of the UkrSSR,
Kiev

Pinchuk, V.G.
All-Union Scientific Centre for Radiological Medicine of the Academy of Medical Sciences of the USSR,
Kiev

Popova, L.M.
Academy of Sciences of the UkrSSR,
Kiev

Poturidis, G.G.
State Committee of the Council of Ministers of the UkrSSR on the Protection of the Public from the Consequences of the Chernobyl Accident,
Kiev

Potykha, V.M.
Council of Ministers of the UkrSSR,
Kiev

Prister, B.S.
UkrSSR Branch of the All-Union Scientific Research Institute of Agricultural Radiology,
Kiev

Rabchuk, I.A.
Working Group of the Ministry of Atomic Power and Industry of the USSR on the Implementation of the International Chernobyl Project,
Kiev

Rynka, A.A.
Supreme Soviet of the USSR,
Moscow

Sidorov, S.I.
Ministry of Health of the USSR;
Academy of Sciences of the UkrSSR,
Kiev

Sokolov, V.A.
State Committee of the Council of Ministers of the USSR on the Rectification of the Consequences of the Chernobyl Accident,
Moscow

Spizhenko, Yu.P.
Minister of Health of the UkrSSR,
Kiev

Stukin, E.K.
USSR State Committee for Hydrometeorology,
Moscow

Tabachnyj, L.Ya.
UkrSSR State Committee for Hydrometeorology,
Kiev

Tron'ko, N.D.
Institute of Endocrinology and Metabolism of the Ministry of Health of the UkrSSR,
Kiev

Минск, БССР, 11–12 октября 1990 г.

Buryak, V.N.
State Committee of the Council of Ministers of the BSSR on the Consequences of the Chernobyl Accident,
Minsk

Kazakov, V.S.
Minister of Health of the BSSR,
Minsk

Kenik, I.A.
Council of Ministers of the BSSR,
Minsk

Pokumejko, Yu.M.
BSSR State Committee for Hydrometeorology,
Minsk

Semkin, A.S.
Mogilev Regional Executive Committee,
Mogilev

Smolyar, I.N.
State Committee of the Council of Ministers of the BSSR on the Consequences of the Chernobyl Accident,
Minsk

Stepanenko, A.V.
Academy of Sciences of the BSSR,
Minsk

Sukhorukov, E.F.
State Committee for Foodstuffs and Supplies of the BSSR,
Minsk

Sych, V.N.
Gomel Regional Executive Committee,
Gomel

Эксперты

Gurkov, V.V.
State Committee for Foodstuffs and Supplies of the BSSR,
Minsk

Klyuchenovich, V.I.
Gomel Regional Centre for Epidemiology and Health of the Ministry of Health of the BSSR,
Gomel

Konoplya, E.F.
Institute of Radiobiology of the Academy of Sciences of the BSSR,
Minsk

Kotlyarenko, O.I.
Mogilev Regional Medical Centre,
Mogilev

Matvenko, I.I.
Republican Centre for Radiation Monitoring,
Minsk

Shitikov, B.D.
Ministry of Health of the BSSR,
Minsk

Наблюдатели

Aleksakhin, R.M.
All-Union Scientific Research Institute of Agricultural Radiology,
Obninsk, RSFSR

Sokolov, V.A.
State Committee of the Council of Ministers of the USSR on the Rectification of the Consequences of the Chernobyl Accident,
Moscow

Москва, СССР, 18–19 октября 1990 г.

Belyaev, E.N.
Deputy Minister of Health of the RSFSR,
Moscow

Boldarev, M.M.
RSFSR Non-Fertile Soil Construction Association,
Moscow

Demichev, A.P.
Kaluga Regional Executive Committee,
Kaluga, RSFSR

Feshchenko, V.V.
Bryansk Regional Executive Committee,
Bryansk, RSFSR

Makeenko, S.G.
RSFSR State Planning Committee,
Moscow

Panfilov, I.I.
RSFSR State Planning Committee,
Moscow

Perminova, G.S.
Radiation Medicine Department of the Ministry of Health of the RSFSR,
Moscow

Polonskij, V.T.
Ministry of Agricultural Products of the RSFSR,
Moscow

Ramzaev, P.V.
Leningrad Scientific Research Institute for Radiation Health Studies of the Ministry of Health of the RSFSR, Leningrad, RSFSR

Sarychev, V.A.
State Commission of the Council of Ministers of the RSFSR on Emergency Situations, Moscow

Tereshchenkov, A.S.
Regional Executive Committee, Bryansk, RSFSR

Tsaturov, Yu.S.
USSR State Committee for Hydrometeorology, Moscow

Vasutin, S.I.
Regional Executive Committee, Tula, RSFSR

Voloschchuk, S.S.
RSFSR State Committee on the Rectification of the Consequences of the Chernobyl Accident, Moscow

Zubovskij, G.A.
Scientific Research Institute of X Ray Radiology of the Ministry of Health of the RSFSR, Moscow

Представители рабочей группы Министерства атомной энергетики и промышленности СССР, занимающиеся вопросами реализации Международного чернобыльского проекта, Москва

Belousova, E.N.
Bessalaya, L.A.
Borodastov, G.V.
Busurin, Yu.N.
Evdokimenko, E.I.
Korneeva, M.A.
Orekhova, N.N.

Москва, СССР, 18–19 октября 1990 г.

Belyaev, S.T.
I.V. Kurchatov Institute of Atomic Energy of the Ministry of Atomic Power and Industry of the USSR, Moscow

Cheburaev, V.I.
Ministry of Health of the USSR, Moscow

Gubanov, V.A.
State Committee of the Council of Ministers of the USSR on the Rectification of the Consequences of the Chernobyl Accident, Moscow

Il'in, L.A.
Institute of Biophysics of the Ministry of Health of the USSR, Moscow

Israel, Yu.A.
State Committee for Hydrometeorology of the USSR, Moscow

Mar'in, V.V.
Bureau of the USSR Council of Ministers for Fuel and Energy, Moscow

Nikipelov, B.V.
Ministry of Atomic Power and Industry of the USSR, Moscow

Semenov, P.E.
USSR State Planning Committee, Moscow

Sokolovskij, V.G.
USSR State Committee for the Environment, Moscow

Консультанты

Dibobes, I.K.
Institute of Applied Geophysics, Moscow

Dyomin, V.F.
I.V. Kurchatov Institute of Atomic Energy of the Ministry of Atomic Power and Industry of the USSR, Moscow

Ivanov, S.I.
Ministry of Health of the USSR, Moscow

Kirillov, Yu.S.
Office of the Head of Chemical Warfare of the Ministry of Defence of the USSR, Moscow

Kiryushin, V.I.
USSR State Commission for Foodstuffs and Supplies, Moscow

Kopchinskij, G.A.
Bureau of the USSR Council of Ministers for Fuel and Energy, Moscow

Povalaev, A.P.
USSR State Commission for Foodstuffs and Supplies, Moscow

Ramzaev, P.V.
Leningrad Scientific Research Institute for Radiation Health Studies of the Ministry of Health of the RSFSR, Leningrad, RSFSR

Sokolov, V.A.
State Committee of the Council of Ministers of the USSR on the Rectification of the Consequences of the Chernobyl Accident,
Moscow

Tsaturov, Yu.S.
USSR State Committee for Hydrometeorology,
Moscow

Ushcherbov, G.S.
USSR State Planning Committee,
Moscow

Voznyak, V.Ya.
State Committee of the Council of Ministers of the USSR on the Rectification of the Consequences of the Chernobyl Accident,
Moscow

Наблюдатели

Glinka, E.V.
USSR State Commission for Foodstuffs and Supplies,
Moscow

Lutsev, S.D.
State Committee of the Council of Ministers of the USSR on the Rectification of the Consequences of the Chernobyl Accident,
Moscow

Porfir'ev, B.N.
All-Union Scientific Research Institute for Systems Analysis of the Academy of Sciences of the USSR.
Moscow

Voloshchuk, S.S.
RSFSR State Committee on the Rectification of the Consequences of the Chernobyl Accident.
Moscow

Voronezhtsev, Yu.I.
Supreme Soviet of the USSR,
Moscow

Международная группа,проводившая конференции по принятию решений в в рамках Международного чернобыльского проекта

Посредники

French, G.S.
University of Leeds,
Leeds, United Kingdom

Morrey, M.
National Radiological Protection Board,
Chilton, United Kingdom

Наблюдатели

Hedemann Jensen, P.
Risø National Laboratory,
Roskilde, Denmark

Kelly, N.G.
Commission of the European Communities,
Brussels

Schaefer, M. *(Moscow only)*
British Nuclear Forum,
London, United Kingdom

Schneider, T.
Commissariat à l'énergie atomique,
Fontenay-aux-Roses, France

Переводчики

Dorogoj, A.
Free-lance

Witter, N.
International Atomic Energy Agency,
Vienna

Секретарь

Løvschall, I.
International Atomic Energy Agency,
Vienna

91-03537