

**Общие инструкции
оценки и реагирования
на радиологические
аварийные ситуации**

Данная публикация была подготовлена в МАГАТЭ

Секцией радиационной безопасности
Международное агентство по атомной энергии
Wagramer Strasse 5
P.O. Box 100
A-1400 Vienna, Austria

Исправленное издание, март 2013 года
Подробные сведения об изменениях см. по адресу:
www.pub.iaea/books/

ОБЩИЕ ИНСТРУКЦИИ ОЦЕНКИ И РЕАГИРОВАНИЯ НА РАДИОЛОГИЧЕСКИЕ
АВАРИЙНЫЕ СИТУАЦИИ
МАГАТЭ, ВЕНА, 2004 год
IAEA-TECDOC-1162
ISSN 1011-4289

© IAEA, 2004

ПРЕДИСЛОВИЕ

Одним из наиболее важных аспектов управления радиологической аварийной ситуацией является способность незамедлительно и адекватно определить потребность в проведении защитных мероприятий и осуществлять действия по защите населения и аварийных работников. При оценке радиологической аварии необходимо использовать всю доступную в данный момент существенную информацию. Этот процесс должен быть повторяющимся и динамичным, предусматривающим пересмотр стратегии реагирования по мере поступления более детализированной и полной информации.

В настоящем руководстве представлены методики, инструкции и данные, необходимые для осуществления начального этапа реагирования на радиологическую аварию, не связанную с атомным реактором. Руководство входит в комплект документов МАГАТЭ, касающихся вопросов аварийной готовности и реагирования, таких как *Методика подготовки к реагированию на ядерные или радиологические аварии* (IAEA-TECDOC-953), *Руководство по радиационной защите при авариях ядерных реакторов* (IAEA-TECDOC-955) и *Критерии вмешательства в случае ядерной или радиационной аварии* (IAEA Safety Series No. 109).

Инструкции и весь остальной материал в настоящей публикации были подготовлены с максимально возможной пунктуальностью. Однако, как требуют принципы текущего контроля, они проверяются на соответствие критериям гарантии качества. Приветствуются любые комментарии. По истечении определенного срока, необходимого для более полного редактирования, МАГАТЭ планирует пересмотр документа в целом, что составляет часть непрерывной работы по его совершенствованию. В течение этого периода пользователи несут ответственность за правильность информации и ее соответствие их задачам. В руководстве приводится ряд общих инструкций. Прежде чем их применять на практике, настоятельно рекомендуется их изучить и адаптировать таким образом, чтобы радиационное реагирование было интегрировано в систему реагирования на любые аварийные ситуации, а также в государственные учебные программы по аварийному реагированию.

МАГАТЭ выражает благодарность экспертам различных стран-участниц, принимавшим участие в разработке и редактировании настоящей публикации, и особенно – г-ну R. Martinčič (J. Stefan Institute, Slovenia). Г-н M. Crick (Division of Radiation and Waste Safety) исполнял обязанности ответственного за настоящее издание сотрудника МАГАТЭ.

ПРИМЕЧАНИЯ РЕДАКТОРА

Международное агентство по атомной энергии (МАГАТЭ) не дает гарантии и не принимает на себя ответственности в отношении точности, качества или аутентичности перевода настоящей публикации и не признает ответственности за любые убытки или ущерб, прямые или косвенные, возникающие вследствие ее использования или любым иным образом причиненные.

Использование названий отдельных стран или территорий не предполагает каких-либо суждений со стороны издателя, каковым является МАГАТЭ, относительно юридического статуса этих стран или территорий; их правительств и учреждений, а также установленных государственных границ.

Упоминание наименований отдельных фирм или продуктов производства (независимо от факта их регистрации) не означает посягательство на их право собственности; это не означает также их поддержку или рекомендации со стороны МАГАТЭ.

ОБЩИЕ ИНСТРУКЦИИ
ОЦЕНКИ И РЕАГИРОВАНИЯ
НА РАДИОЛОГИЧЕСКИЕ АВАРИЙНЫЕ СИТУАЦИИ

IAEA-TECDOC-1162/R

ИСПРАВЛЕНИЕ

1. Стр. 108, таблица ДЗ. В ряду “Cs-134” и колонке “50 лет” вместо значения “5.1E-03” следует читать “5.1E-02”.

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--|-----|
| ВВЕДЕНИЕ..... | 1 |
| ОБОСНОВАНИЕ..... | 1 |
| ЦЕЛИ..... | 1 |
| ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ..... | 2 |
| СТРУКТУРА..... | 2 |
| ОБЗОР..... | 4 |
| ЦЕЛИ АВАРИЙНОГО РЕАГИРОВАНИЯ..... | 4 |
| ФИЛОСОФИЯ..... | 4 |
| ОРГАНИЗАЦИЯ РЕАГИРОВАНИЯ..... | 4 |
| НАЧАЛЬНОЕ РЕАГИРОВАНИЕ..... | 7 |
| СЦЕНАРИИ АВАРИЙ..... | 10 |
| КОНТАКТЫ СО СРЕДСТВАМИ МАССОВОЙ ИНФОРМАЦИИ..... | 13 |
| | |
| РАЗДЕЛ А: ИНИЦИАЦИЯ РЕАГИРОВАНИЯ | |
| Инструкция А1: Инициация реагирования | 17 |
| | |
| РАЗДЕЛ Б: РУКОВОДСТВО АВАРИЙНЫМ РЕАГИРОВАНИЕМ | |
| Инструкция Б0: Обзор руководства аварийным реагированием..... | 21 |
| Инструкция Б1: Авария с радиоактивным источником или радиоактивным материалом..... | 32 |
| Инструкция Б2: Утерянный источник..... | 35 |
| | |
| РАЗДЕЛ В: РЕАГИРОВАНИЕ НА МЕСТЕ АВАРИИ | |
| Инструкция В1: Реагирование Руководителя аварийных работ на месте аварии..... | 41 |
| Инструкция В2: Реагирование полиции..... | 46 |
| Инструкция В3: Реагирование пожарной службы | 48 |
| Инструкция В4: Медицинское реагирование на месте аварии | 50 |
| Инструкция В5: Начальное реагирование силами объекта..... | 53 |
| Инструкция В6: Руководство по индивидуальной защите..... | 56 |
| | |
| РАЗДЕЛ Г: РАДИАЦИОННОЕ РЕАГИРОВАНИЕ | |
| Инструкция Г0: Руководство радиационным реагированием | 61 |
| Инструкция Г1: Изъятие источника / удаление радиоактивного материала..... | 76 |
| Инструкция Г2: Дезактивация людей и оборудования | 80 |
| Инструкция Г3: Удаление радиоактивных отходов | 87 |
| | |
| РАЗДЕЛ Д: ОЦЕНКА ДОЗЫ | |
| Инструкция Д0: Обзор оценки доз облучения..... | 91 |
| Инструкция Д1: Точечный источник..... | 94 |
| Инструкция Д2: Линейный источник и утечка радиоактивного материала | 102 |
| Инструкция Д3: Загрязнение почвы | 105 |
| Инструкция Д4: Загрязнение кожи | 111 |
| Инструкция Д5: Ингаляция радионуклидов | 114 |
| Инструкция Д5а: Оценка концентрации радионуклидов в воздухе..... | 119 |
| Инструкция Д6: Пероральное поступление | 125 |
| Инструкция Д7: Иммерсия в воздухе | 128 |
| Инструкция Д8: Расчет активности | 131 |

| | |
|---|---|
| КАРТЫ | |
| Карта А1: | Форма регистрации аварии 135 |
| Карта А2: | Форма оповещения участников аварийного реагирования..... 137 |
| Карта Б1: | Регистрация действий по немедленному реагированию 138 |
| Карта Г1: | Контроль облучения..... 139 |
| Карта Г2: | Маркировка загрязненных предметов..... 140 |
| Карта Г3: | Квитанция на загрязненные предметы..... 141 |
| ПРИЛОЖЕНИЯ | |
| Приложение I: | Как запросить помощь МАГАТЭ 145 |
| Приложение II: | Медицинская готовность и реагирование..... 147 |
| Приложение III: | Рекомендации по оснащению дозиметрическими приборами 153 |
| Приложение IV: | Транспортные упаковки и идентификация источника 160 |
| Приложение V: | Аварии с трансграничными эффектами..... 164 |
| Приложение VI: | Возвращение спутников, работающих на ядерной энергии 167 |
| Приложение VII: | Связь со средствами массовой информации и с населением..... 169 |
| Приложение VIII: | Как подготовить отчет об аварии 173 |
| ЛИТЕРАТУРА..... 175 | |
| ГЛОССАРИЙ..... 178 | |
| ОБОЗНАЧЕНИЯ..... 192 | |
| УЧАСТНИКИ СОСТАВЛЕНИЯ И РЕДАКТИРОВАНИЯ ДОКУМЕНТА..... 195 | |

ВВЕДЕНИЕ

ОБОСНОВАНИЕ

Использование источников радиации в различных сферах деятельности, помимо атомных реакторов, расширяется с каждым днем. Несмотря на меры предосторожности, предусмотренные в планировании и эксплуатации, аварии с вовлечением источников радиации случаются чаще, чем на атомных реакторах. В отличие от аварий на атомных реакторах, любая такая авария обычно оказывает воздействие только на небольшое число людей. Тем не менее, для этих людей последствия аварии могут быть достаточно серьезными.

ЦЕЛИ

Целью настоящего документа является предоставление практических рекомендаций по аварийному реагированию, которые, при их внедрении, обеспечат возможность осуществления базовой оценки и мероприятий по реагированию, необходимых для защиты населения и аварийных работников при различных типах радиационных аварий (за исключением аварии на атомном реакторе) в соответствии с международными рекомендациями [1, 2, 3].

В настоящем руководстве представлены методики, инструкции и данные, необходимые для начального этапа реагирования на *радиологическую аварийную ситуацию, не связанную с атомным реактором*. Оно предназначено для отдельных лиц или групп, ответственных за реагирование на радиационную аварию. Методики, инструкции и данные, необходимые для оценки защитных действий при *аварии на атомном реакторе*, можно найти в *Руководстве по радиационной защите при авариях ядерных реакторов* (IAEA-TECDOC-955) [4].

Руководство изложено в виде инструкций. Эти инструкции предназначены для использования главным образом на начальном этапе реагирования и не освещают детально вопросы этапа восстановления, когда есть возможность провести более детальную оценку ситуации, основанную на специфической информации об аварии. Для того чтобы инструкции были эффективными, их следует адаптировать в рамках процесса обеспечения готовности к аварийному реагированию и объединить с государственной и местной системой и инфраструктурой страны, где они будут использоваться. Применять инструкции на практике должен только хорошо обученный и прошедший специальную подготовку персонал. Кроме того, выполнение любой инструкции всегда зависит от конкретных особенностей каждой аварии. Действия в инструкции перечислены в той последовательности, в которой их обычно следует выполнять, однако может возникнуть необходимость изменения этой последовательности непосредственно во время аварии.

Настоящее руководство должно в плановом порядке периодически пересматриваться и редактироваться с учетом реальных источников излучения, накопленного опыта работы с ионизирующим излучением, потенциальных аварий, местных условий, национальных критериев и прочих уникальных характеристик того региона или объекта, где оно может быть использовано.

ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

В руководстве содержатся общие инструкции по реагированию, предназначенные для защиты населения и аварийных работников при разных типах радиологических аварий, включая аварии с вовлечением закрытых и открытых источников и генераторов атомной энергии, а также аварии на транспорте. Здесь не рассматриваются вопросы, касающиеся аварий на атомных реакторах, заводах по переработке ядерного топлива или других крупных ядерных объектах.

Данное руководство применимо также к радиологическим авариям, которые могут возникать в результате умышленных действий, например, террористических актов, хотя рассмотрение вопросов обеспечения охраны не входит в задачи настоящего документа.

Руководство предполагает также наличие в стране прогрессивного планирования по обеспечению инфраструктуры, а также персонала и оборудования, которые необходимы для выполнения предлагаемых инструкций. Однако в нем нет инструкций о подробной разработке аварийных планов, а также инструкций по радиационному мониторингу. Рекомендации по разработке планов, общие инструкции по мониторингу, а также технические инструкции по реагированию на аварию на атомном реакторе изложены в изданиях [4, 5, 6]. Инструкции по реагированию на радиологические аварии, представленные в настоящем руководстве, предполагают наличие основных ресурсов, перечисленных в Приложении VII [5]. Хотя ответственность за реагирование всегда несет страна-участница, при отсутствии таких ресурсов на момент аварии их можно запросить через международные организации, например, МАГАТЭ.

СТРУКТУРА

Руководство структурировано по разделам в соответствии с предполагаемой организацией реагирования (см. Рисунок O1). Каждый раздел содержит самостоятельные инструкции. Инструкции располагаются в таком порядке, в каком обычно выполняются мероприятия по оценке и реагированию.

Раздел А характеризует первые действия после оповещения об аварии. В разделе Б содержатся инструкции по общему руководству аварийным реагированием. В разделе В представлены технические инструкции для участников аварийного реагирования на месте аварии. Раздел Г содержит инструкции по руководству реагированием на месте радиологической аварии. В разделе Д представлены инструкции по прогнозированию и оценке доз облучения в случаях, когда отсутствуют необходимые прикладные компьютерные программы.

В Приложении I содержатся сведения о порядке запроса помощи от МАГАТЭ. В Приложении II представлен обзор медицинского реагирования в случаях радиационного облучения / загрязнения. В Приложении III даны некоторые рекомендации, касающиеся желательного уровня обеспечения инструментами и оборудованием соответствующих служб реагирования. Основную информацию о транспортных упаковках можно найти в Приложении IV. В Приложении V и VI охарактеризованы основные действия по реагированию при авариях с трансграничными эффектами, а также при возвращении спутников, работающих на ядерном топливе. В Приложении VII даны рекомендации по контактам со средствами массовой информации и населением. Наконец, в Приложении VIII суммированы сведения о том, как подготовить аварийный отчет.

В настоящем руководстве содержатся примеры карт, которые помогут освоить принципы регистрации данных и передачи информации.

ПРИМЕЧАНИЕ

Интересующий вас вопрос вы можете найти в руководстве тремя способами:

- (а) используя Рисунок О1 по общей организации реагирования,
- (б) по оглавлению,
- (в) по ключевым словам с помощью Индекса.

ОБЗОР

ЦЕЛИ АВАРИЙНОГО РЕАГИРОВАНИЯ

Главные цели аварийного реагирования заключаются в следующем:

(а) Уменьшить риск или ослабить последствия аварии в месте ее возникновения.

(б) Предотвратить развитие детерминированных медицинских эффектов (таких как ранняя смерть и лучевые поражения) путем осуществления мероприятий до или сразу после облучения, а также путем удержания индивидуальных доз, полученных населением и аварийными работниками, на уровне, не превышающем пороговый для детерминированных эффектов.

(в) Уменьшить риск развития стохастических медицинских эффектов (таких как рак и тяжелые генетические нарушения) настолько это может быть рационально достижимо путем проведения защитных мероприятий в соответствии с руководством МАГАТЭ [2] и удержания доз, полученных аварийными работниками, на уровне, не превышающем тот, который установлен в руководстве МАГАТЭ [2].

ФИЛОСОФИЯ

Инструкции, которые содержатся в настоящем руководстве, базируются на принципе: процесс должен быть простым, но эффективным. Критерии представленных в инструкциях действий заключаются в следующем:

(а) действия должны быть охарактеризованы заранее ясно и лаконично, что позволяет выполнять их немедленно;

(б) они должны базироваться на современных знаниях и опыте работы при радиологических аварийных ситуациях.

Очень важно понимать, что при многих радиационных авариях, не связанных с атомными реакторами, опасность, обусловленная радиацией, часто бывает меньше, чем опасность, обусловленная другими факторами (такими как пожар, опасные химические вещества). Поэтому приоритет почти всегда должен отдаваться нерадиологическому аспекту радиационной аварии: спасению жизни людей, обработке травм, борьбе с огнем, защите принципиально важного оборудования и обеспечению безопасности персонала. Как только будет стабилизирована общая ситуация, должны быть предприняты немедленные действия по уменьшению риска радиационного поражения населения, аварийных работников и окружающей среды.

ОРГАНИЗАЦИЯ РЕАГИРОВАНИЯ

В руководстве ответственные лица или организации именуется специальными терминами (см. Рисунок О1), соответствующими тем функциям, которые им предстоит выполнять во время аварии. Однако при авариях небольшого масштаба некоторые функции могут быть объединены для выполнения одним человеком. Каждая из должностей обсуждается ниже.

Инициатор реагирования

Это человек, который, получив уведомление об аварии, инициирует официальное реагирование и имеет право на такие действия.

Например, на объектах, где используются радиоактивные источники, радиоактивный материал или генераторы излучения, Инициатором реагирования может быть ответственный дежурный, ответственный за радиационную безопасность или ответственный за лабораторный контроль. Если авария произошла в тот момент, когда на объекте нет штатных сотрудников, Инициатором реагирования может быть диспетчер пожарной службы или сотрудник из штата охраны. При авариях на городских объектах Инициатором реагирования может быть сотрудник вызываемой на место происшествия аварийной службы, например, полиции или пожарных бригад, а в некоторых случаях – ответственный дежурный государственной организации по ядерной безопасности.

Инициатор реагирования отвечает за получение базовой информации об аварии, обеспечение исходными рекомендациями лиц, сделавших вызов, и уведомление Ответственного за аварийное реагирование.

Ответственный за аварийное реагирование

Ответственный за аварийное реагирование отвечает за общее стратегическое руководство аварийным реагированием. Он должен определить приоритеты и меры по защите населения и аварийных работников, убедиться в том, что задействованы все необходимые ресурсы и установлена связь с аварийным персоналом на месте происшествия. Часто он также отвечает за контакты со средствами массовой информации, хотя при серьезных авариях для этого может потребоваться отдельный человек. Ответственный за аварийное реагирование должен работать в тесном сотрудничестве с Руководителем аварийных работ на месте аварии (см. далее). В зависимости от природы и тяжести аварии, функции Ответственного за аварийное реагирование и Руководителя аварийных работ на месте аварии могут выполняться одним человеком, хотя бы на начальной стадии реагирования.

Например, на объектах, на которых используются радиоактивные источники, радиоактивный материал или генераторы излучения, Ответственным за аварийное реагирование может быть директор объекта или специально назначенный сотрудник из аппарата управления. При авариях на городских объектах роль Ответственного за аварийное реагирование обычно выполняет назначенный представитель местных органов власти (например, административный директор, глава городского отдела аварийного реагирования или начальник местной организации гражданской обороны). Если авария распространяется за пределы города, или реагирование требует привлечения извне дополнительных ресурсов, обязанности Ответственного за аварийное реагирование возлагаются на представителя региональных, провинциальных или государственных органов власти, в зависимости от стандартной стратегии аварийного реагирования, плана и законов данной страны.

Первый реагирующий (на месте аварии)

Первый реагирующий – это должностное лицо или группа, которая первой прибывает на место аварии с официальными полномочиями в системе реагирования.

Например, на объекте, где используются радиоактивные источники, радиоактивный материал или генераторы излучения, Первым реагирующим может быть Ответственный за радиационную защиту. При авариях в общественных местах роль Первого реагирующего может выполнять представитель аварийных служб, например, полиции, пожарных бригад или бригад скорой медицинской помощи. Первые реагирующие отвечают за контроль всех аспектов аварии на месте

происшествия. Их работу инспектирует и координирует Руководитель аварийных работ на месте аварии (см. далее).

Первые реагирующие могут иметь или не иметь приборы радиационной разведки и дозиметры. Поэтому они должны принимать общие меры предосторожности для защиты себя и других людей на месте аварии от радиационной опасности. Практически во всех случаях для консультаций по вопросам радиологических аспектов реагирования следует вызывать Специалиста-радиолога.

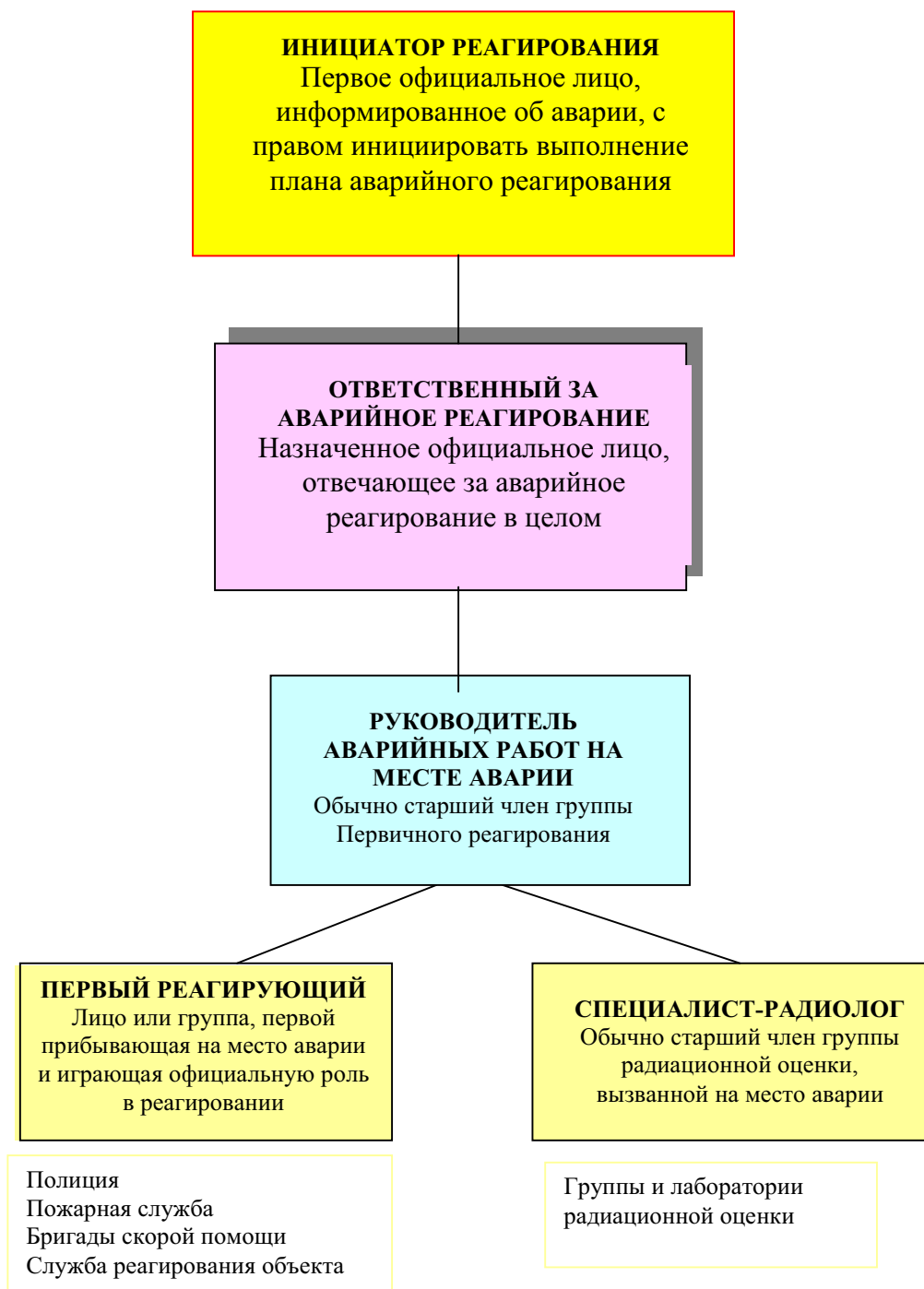


РИС. 01. Общая схема реагирования.

Руководитель аварийных работ на месте аварии

Руководитель аварийных работ на месте аварии отвечает за тактическое руководство действиями по реагированию на месте аварии. Он отчитывается перед Ответственным за аварийное реагирование за проведение мероприятий по ослаблению последствий и локализации аварии, контроль посторонних лиц, координацию всех подразделений реагирования на месте происшествия, проведение начальных работ по изъятию источника и очистке территории, по защите аварийных работников и по выполнению защитных мероприятий. Для определения оптимальных способов выполнения мероприятий по реагированию и формулировки рекомендаций по контролированию аварии для Ответственного за аварийное реагирование Руководитель аварийных работ на месте аварии использует результаты экспертизы, выполняемой руководителями подразделений аварийного реагирования.

Руководителем аварийных работ на месте аварии обычно является старший член одной из групп реагирования. При наличии нескольких подразделений реагирования (например, пожарных бригад, полиции, групп радиологической оценки и т.д.) Руководителя аварийных работ на месте аварии назначает Ответственный за аварийное реагирование в соответствии с местным опытом аварий с опасным материалом или в зависимости от характера угрозы. При аварии на объекте Руководителем аварийных работ на месте аварии может быть назначен старший по должности штатный сотрудник объекта.

Специалист-радиолог

Обычно эти обязанности выполняет старший член группы или групп профессиональных радиологов (квалифицированных специалистов), прибывших на место аварии для оценки радиационной опасности, обеспечения радиационной защиты Первых реагирующих и выработки рекомендаций по защитным мероприятиям для Руководителя аварийных работ на месте аварии. Ресурсы радиационной оценки должны быть заранее идентифицированы в планах. Потенциальные Инициаторы реагирования должны быть обеспечены контактной информацией и номерами телефонов для вызова всех необходимых лиц.

Специалист-радиолог может работать один или в составе группы. На месте аварии он отвечает за разведку, контроль уровня загрязнения, радиационную защиту аварийных работников и предоставление рекомендаций по проведению защитных мероприятий. Специалист-радиолог также инициирует и в некоторых случаях выполняет работу по изъятию источника, проводит операции по очистке и дезактивации. Он также отвечает за выполнение рекомендаций по возвращению аварийных работников, за установление и регистрацию доз, полученных аварийными работниками и/или населением; по мере необходимости он может требовать дополнительные ресурсы для проведения радиологической оценки, а также привлекать специалистов для проведения медицинской экспертизы с целью решения задач оценки особых видов опасности и доз облучения.

НАЧАЛЬНОЕ РЕАГИРОВАНИЕ

Общая схема начального реагирования при получении уведомления о радиологической аварийной ситуации показана на Рисунке О2.

Получив уведомление об аварийной ситуации, Инициатор реагирования собирает начальную информацию об аварии и решает, является ли она радиологической. Если

да, то он дает первые рекомендации сообщившему об аварии и инициирует реагирование, поднимая по тревоге / активируя Ответственного за аварийное реагирование.

На основании имеющейся информации Ответственный за аварийное реагирование оценивает степень действительной или предполагаемой опасности. При средней и высокой степени он поднимает по тревоге через Инициатора реагирования местные / общегосударственные силы реагирования: соответствующего Первого реагирующего (если его еще нет на месте аварии), Специалиста-радиолога и любые другие необходимые службы или органы власти.

Старший из официальных лиц, присутствующих на месте аварии, автоматически принимает на себя обязанности Руководителя аварийных работ на месте аварии до тех пор, пока его не сменят, или он будет утвержден в этой должности Ответственным за аварийное реагирование. Ответственный за аварийное реагирование решает также, является ли авария настолько серьезной или достаточно значимой для населения, чтобы вызвать Руководителя аварийных работ на месте аварии государственного уровня для осуществления общего контроля.

Если степень действительной или предполагаемой опасности невелика, Ответственный за аварийное реагирование сообщает о ней только Специалисту-радиологу и, при необходимости, посылает его на место аварии для уточнения степени радиационной опасности и/или для руководства / проведения операций по изъятию источника и очистке территории.

Организация аварийного реагирования должна предоставлять информацию для прессы и населения.

Перечисленные функции должностных лиц имеют большое значение для адекватного реагирования, и при составлении планов на случай аварии все они должны быть предусмотрены. Местная терминология может отличаться, а особые ситуации могут потребовать объединения этих функций; в то же время всегда должно быть абсолютно ясно, кто должен выполнять те или иные функции.

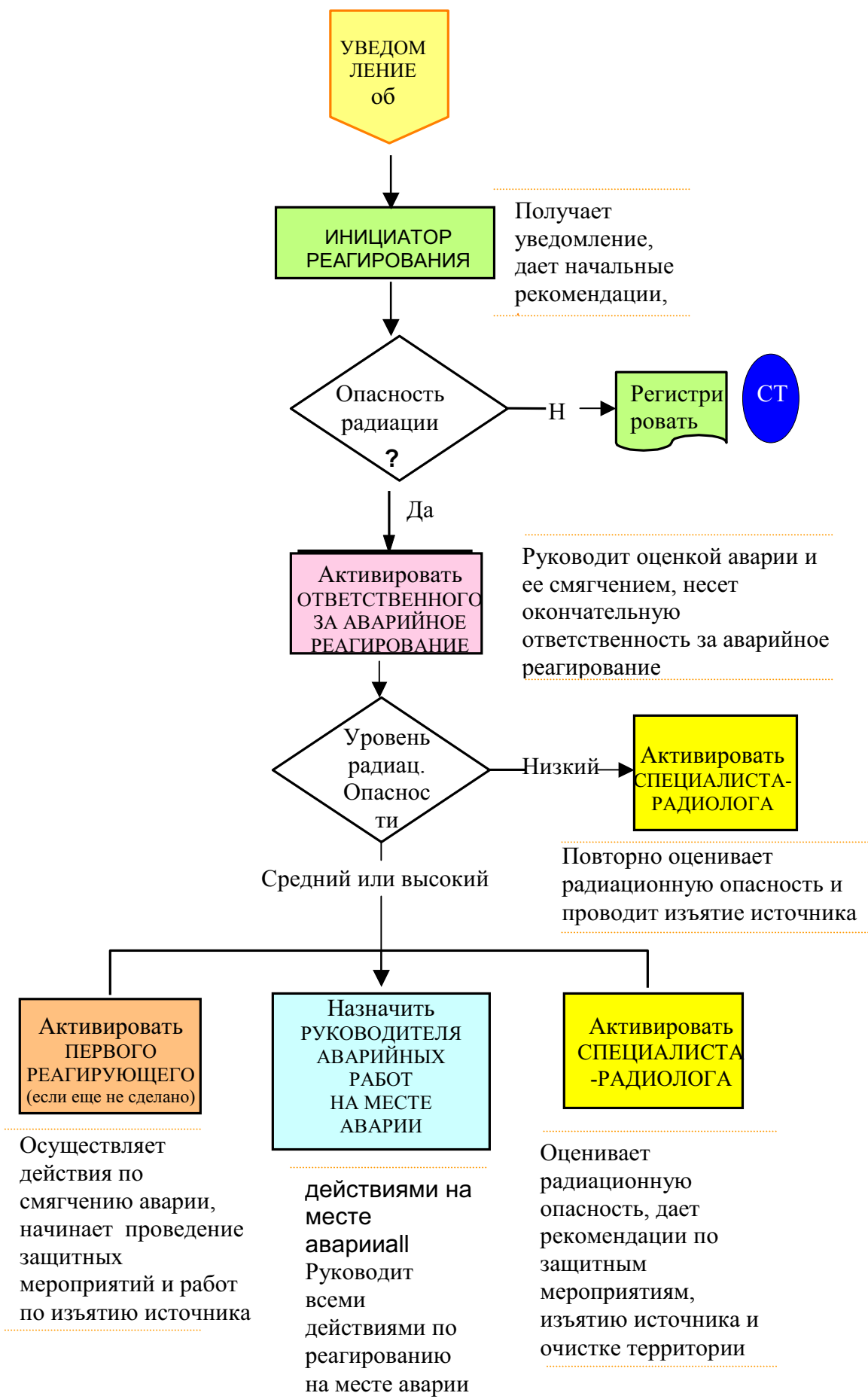


РИС. 00. Пример начального реагирования по уведомлению о радиологической аварийной ситуации

СЦЕНАРИИ АВАРИЙ

С позиций перспектив аварийного реагирования сценарии аварий классифицируются по категориям:

1. аварии с радиоактивными источниками или материалом;
2. аварии за пределами страны с трансграничными эффектами;
3. возвращение спутников, работающих на ядерном топливе.

Ниже приводится краткое описание каждой из категории аварий.

Аварии с радиоактивными источниками или материалом

Это широкая категория, включающая обнаруженный радиоактивный материал, загрязненные территории или предметы, пропавшие или утерянные источники радиации, незащищенные источники, аварии в лаборатории, на промышленных или научных объектах, а также аварии на транспорте.

Радиоактивные материалы в виде герметично закрытых источников используются с самыми разнообразными целями в промышленности, медицине, научных исследованиях, в процессе обучения, а также при изготовлении множества потребительских товаров, предназначенных для продажи населению. Они используются для рентгенографии, стерилизации, лучевой терапии и ядерной медицины; для каротажа скважин, в датчиках, регистрирующих уровень поверхности, толщину, плотность и влажность; в антистатических устройствах, молниеотводах, детекторах дыма. По своей активности все эти источники чрезвычайно разнообразны.

Аварийные ситуации возникают при недостаточном контроле радиационной безопасности (например, когда источник, предназначенный для промышленной гамма-рентгенографии, оставляют вне экранирующего корпуса, или если упаковку с радиоактивным материалом обнаруживают в общественном месте). Наибольшая опасность серьезных поражений исходит главным образом от незащищенных источников с высокой активностью. Последствия могут быть чрезвычайно серьезными вплоть до смертельных исходов, особенно если с источниками обращались лица, неосведомленные о потенциальной опасности радиации, или о радиоактивной природе источника. Действительно, пребывание рядом с высокоактивными источниками и приборами, применяемыми для промышленной рентгенографии, лучевой терапии, а также в стерилизационных отделениях, может привести к получению летальной дозы на все тело за несколько минут. Следствием аварий с такими источниками может быть и загрязнение, если повреждается сам источник.

Помимо внешнего облучения, поврежденные источники любого типа и величины могут служить причиной загрязнения людей и/или окружающей среды. В результате пожара или рассеивания под воздействием ветра или вентиляции радиоактивный материал может переноситься по воздуху. Последствиями могут быть тяжелые бета-ожоги кожи и внутреннее загрязнение с серьезным исходом. Ситуация может усугубиться, если авария вовремя не обнаружена, и не предприняты адекватные меры.

Отдельно следует остановиться на загрязнении источниками альфа-излучения, такими как плутоний и америций. Аварии могут возникать при транспортировке радиоактивного материала, плутониевых водителей ритма, а также при контрабандных перевозках. Плутоний чрезвычайно опасен при его ингаляции, а выявить его с помощью обычных приборов довольно трудно. Реагирование на аварии с вовлечением плутония требует повышенных мер предосторожности.

Потерянные, украденные или оставленные в случайном месте источники составляют особый случай аварийных ситуаций с радиоактивным материалом. Риск для населения зависит от общего уровня активности. Следует предполагать, что источник может оказаться в руках людей, которые не знают о его природе и связанной с ним опасности; они могут его повредить и распространить загрязнение. В некоторых случаях люди могут получить очень высокую дозу за счет внешнего облучения или загрязнения. В таких ситуациях приоритет должен отдаваться поиску источника всеми доступными средствами, включая полицейские расследования, информирование общественности, мониторинг больниц и клиник, а также поиск с использованием приборов радиационной разведки.

Поиск потерянного источника с помощью приборов радиационного мониторинга оказывается эффективным, если это источник высокоактивного гамма-излучения, которое используются, например, в промышленной радиографии или для лучевой терапии в медицине. Эффективность поиска зависит от чувствительности имеющихся приборов мониторинга, общей активности и степени защиты. Приборы с мощными NaI детекторами способны выявить такие источники на расстоянии нескольких сотен метров, даже если источник находится в своем экранирующем контейнере.

Аппараты, генерирующие ионизирующее излучение, в первую очередь – рентгеновские аппараты и ускорители частиц, широко используются в промышленности, медицине и научных исследованиях. Мощность дозы на выходе из этой аппаратуры чаще всего бывает намного более высокой, чем из всех применяемых в практике высокоактивных источников. Следовательно, вероятность тяжелого облучения в случае аварий на этих аппаратах обычно значительно больше, чем для других источников радиации. С другой стороны, излучение от таких аппаратов прекращается, если они выключены и полностью обесточены, хотя аварии могут возникать из-за неисправных выключателей и систем аварийной сигнализации, а также за счет активации отдельных блоков аппаратуры. Следует обратить внимание и на тот факт, что некоторые аппараты, такие как генераторы электронов, могут продуцировать излучение, остающееся после отключения аппарата в течение определенного короткого периода времени.

Ежедневно во всем мире происходят тысячи операций по транспортировке груза, связанного с использованием радиации и радиоактивных материалов. В этот процесс в разной степени вовлекаются все виды транспорта – автомобильный, железнодорожный, воздушный и морской. Спектр перевозимых предметов довольно широк и включает продукты ядерной промышленности (в том числе – ядерное топливо и некоторые радиоактивные отходы), радиографические источники для промышленных целей, применяемые в медицине источники для лучевой терапии, приборы типа датчиков, содержащие радиоактивные источники, а также некоторые потребительские товары (например, детекторы дыма), которые производятся в большом количестве и хранятся повсеместно в системе розничной торговли. Наиболее значительная доля такого рода транспортных операций приходится на перевозку радиофармацевтической продукции, предназначенной для применения в медицине, которая изготавливается на небольшом количестве предприятий. Значительно реже имеют место узкоспециальные виды транспортировок, такие как перевозка боевого ядерного вооружения, обычно содержащего плутоний. Перевозится также плутоний, предназначенный для ядерной промышленности, при этом используются специально разработанные транспортные контейнеры.

Главную проблему при планировании реагирования на транспортные аварии представляет тот факт, что они могут случиться где угодно. Поэтому требуются адекватные средства аварийного реагирования, действующие мобильно в пределах

всего государства. Вторая характерная черта транспортных аварий заключается в том, что, помимо водителей транспортных средств, большой опасности подвергаются и окружающие люди.

Транспортировка радиоактивного материала регламентируется строгими правилами [7, 8], предназначенными для обеспечения защиты в соответствии с той опасностью, которую представляет содержимое контейнеров в случае аварии. Чем выше потенциальная опасность, тем более существенная защита требуется инструкциями. При авариях с правильно упакованным радиоактивным материалом обычно не нужны специальные действия по защите населения или аварийных работников в случае повреждения упаковки. Во время малых дорожно-транспортных происшествий вероятность повреждения упаковки, которая привела бы к возникновению значительной радиационной опасности, как правило, невелика. Тем не менее, любая вероятность такой ситуации должна быть проверена на месте происшествия.

Правила регламентируют стандарты упаковки и маркировки радиоактивного материала. Умение распознать и интерпретировать тип упаковки и ее маркировку может существенно помочь участникам аварийного реагирования. Типы транспортных упаковок и их маркировка коротко обсуждаются в Приложении IV, а более детально – в публикации [7]. Специфика планирования и готовности к аварийному реагированию на транспортные аварии с вовлечением радиоактивного материала представлена в публикации [9].

Реагирование во время аварии с вовлечением ядерного оружия осложняется наличием других опасностей, таких как возможное распространение плутония, обогащенного урана и других специальных ядерных материалов, а также взрывчатых веществ типа бериллия и других потенциально токсичных материалов. В реагировании на аварию с ядерным оружием обычно участвует военный контингент, миссия которых заключается в контроле защищенности указанных материалов, обеспечении сохранности и безопасности ядерного оружия. До тех пор, пока все интактное оружие или его компоненты квалифицируются компетентными органами как «безопасные», реагирование на аварию следует ограничить территориями, не подвергавшимися действию оружия.

Аварии за пределами страны с трансграничными эффектами

Аварии, приводящие к серьезным последствиям за пределами площадки на атомных электростанциях, крупных топливных складах или на объектах по переработке топлива маловероятны, но вполне возможны. Авария на таком объекте, расположенном за 100-1000 км от государственной границы в соседней стране, вряд ли чревата последствиями, которые могут потребовать срочных защитных мероприятий типа эвакуации или укрытия населения [5]. В то же время она может оказать значительное непосредственное влияние на содержание и переход радионуклидов по пищевой цепочке, что в некоторых случаях может потребовать контроля за продуктами питания и источниками водоснабжения. Она может оказать и опосредованное влияние, например, через продукты питания и товары, импортируемые из пострадавшей страны, через граждан, живущих на пораженных территориях, а также граждан, желающих посетить пораженные регионы, и, возможно, через прибывающие из-за границы загрязненные транспортные средства. Распространение радиоактивного материала за пределы государства возможно и в том случае, если авария произошла на объекте, расположенном возле крупных водных бассейнов. Выброшенный во время аварии радиоактивный материал может переноситься водными потоками на значительные

расстояния. Вероятность трансграничных эффектов возникает также при пожарах с вовлечением радиоактивного материала.

Планирование реагирования на случай аварий за пределами страны с трансграничными эффектами предполагает разработку инструкций и организацию реагирования на государственном уровне. Общее руководство по реагированию представлено в Приложении V, а более детальные инструкции – в разделах Б, В, Г и Е издания [4].

Возвращение спутников, работающих на ядерной энергии

Источники ядерной энергии используются в космических летательных аппаратах, таких как спутники и дальние космические зонды. Особый интерес представляет плутоний как компонент радиоизотопных термоэлектрических генераторов и систем обогрева. Спутники могут также содержать радиоактивный материал в виде небольшого ядерного реактора. Аварии во время запуска обычно не представляют значительной опасности. Аварийное возвращение в результате потери контроля за космическим аппаратом может привести к последствиям на поверхности земли и к распространению загрязнения. Обычно бывает достаточно заблаговременного предупреждения о необходимости подготовки к реагированию, хотя точную локализацию зоны поражения предугадать невозможно.

Компетентные органы государственной власти должны быть проинформированы МАГАТЭ о любом предполагаемом возвращении спутников, работающих на ядерной энергии, после того, как МАГАТЭ получит уведомление от государства, отвечающего за спутник. Это соответствует Конвенции об оперативном оповещении о ядерной аварии [10].

Планирование реагирования на такой тип аварии включает разработку инструкций и организацию системы реагирования на государственном уровне. Общие рекомендации по реагированию можно найти в Приложении VI и в издании [11].

КОНТАКТЫ СО СРЕДСТВАМИ МАССОВОЙ ИНФОРМАЦИИ

Радиационная авария почти всегда привлекает внимание средств массовой информации, особенно если она представляет серьезную опасность для здоровья людей. Представители прессы и телевидения часто оказываются на месте происшествия и начинают трансляцию в прямом эфире раньше, чем будут полностью мобилизованы силы реагирования. Поэтому готовность к общению с корреспондентами и населением является неотъемлемым компонентом планов аварийного реагирования.

Важно, чтобы персонал на месте аварии понимал возможность быстрой реакции представителей средств массовой информации и создал условия для их приема, размещения и контроля, насколько это практически осуществимо. Руководитель аварийных работ на месте аварии должен выделить для них корреспондентский пункт и назначить Ответственного за связь с прессой, если это возможно. Дальнейшие рекомендации по контактам со средствами массовой информации представлены в Приложении VII.

РАЗДЕЛ А
ИНИЦИАЦИЯ РЕАГИРОВАНИЯ

***Предупреждение:** Представленная в этом разделе инструкция должна быть адаптирована таким образом, чтобы соответствовать государственным и местным условиям, а также состоянию объекта и возможностям тех, кто будет ею пользоваться. Она должна быть также интегрирована в общую систему реагирования на обычные аварии.*

| | | |
|---------------------------------|-------------------------------|-------------------|
| <i>Выполняется:</i> | ИНСТРУКЦИЯ А1 | |
| <i>Инициатором реагирования</i> | ИНИЦИАЦИЯ РЕАГИРОВАНИЯ | <i>Стр.1 из 2</i> |

Цель

Инициировать официальное реагирование после получения уведомления о радиологической аварийной ситуации.

Обсуждение

Эту инструкцию должны знать и выполнять все члены и штатные сотрудники официальных организаций, которые могут первыми получить уведомление о возникновении аварийной ситуации с возможными радиологическими последствиями.

Вводные данные

- Уведомление о потенциальной или реальной радиологической аварийной ситуации.

Результат

- Регистрация аварийной ситуации в Карте А1
- Поднятые по тревоге / задействованные силы аварийного реагирования (Карта А2)
- Начальное инструктирование лица, сообщившего об аварии

Действие 1

Получите описание аварийной ситуации от сообщившего лица, используя *Форму регистрации аварий* (Карта А1). Верифицируйте сообщение.

Действие 2

Порекомендуйте сообщившему об аварии предпринять, если это возможно, следующие действия:

- i. Не прикасаться ни к каким предметам на месте аварии.
- ii. Оказать, если нужно, первую помощь.
- iii. Покинуть опасную зону самому и попросить других людей, находящихся на месте аварии, отойти на безопасное расстояние (например, 50 м). Это не относится к членам бригад скорой помощи и/или службы спасения.
- iv. Ограничить по мере возможности доступ в зону.
- v. Не есть, не пить, не курить вблизи зоны аварии.
- vi. Попросить присутствующих оставаться на месте, вне опасной зоны, до прибытия служб аварийного реагирования.
- vii. Дождаться прибытия служб аварийного реагирования и кратко сообщить о случившемся Руководителю аварийных работ на месте аварии.

Действие 3

Вызвать по тревоге Ответственного за аварийное реагирование и сообщить ему информацию из *Формы регистрации аварий* (Карта А1)

Действие 4

Получить от Ответственного за аварийное реагирование список участников реагирования, которых следует поднять по тревоге / задействовать. Поднять их по тревоге / задействовать и заполнить *Форму оповещения участников аварийного реагирования* (Карта А2)

ПРИМЕЧАНИЕ

В некоторых схемах участников реагирования вызывает Ответственный за аварийное реагирование, и в местном плане должно быть ясно указано, кто выполняет эту задачу.

Действие 5

Регистрируйте все действия в журнале. Сюда вносятся все сообщения, переговоры, аварийные мероприятия и любая другая информация, которая может оказаться полезной при документировании аварийной ситуации.

РАЗДЕЛ Б
РУКОВОДСТВО АВАРИЙНЫМ РЕАГИРОВАНИЕМ

***Предупреждение:** Представленные в этом разделе инструкции должны быть адаптированы таким образом, чтобы соответствовать государственным и местным условиям, а также состоянию объекта и возможностям тех, кто будет ими пользоваться. Они должны быть также интегрированы в общую систему реагирования на обычные аварии.*

| | | |
|--|--|--------------------|
| <i>Выполняется:</i> | ИНСТРУКЦИЯ Б0 | |
| <i>Ответственным за аварийное реагирование</i> | ОБЗОР РУКОВОДСТВА АВАРИЙНЫМ РЕАГИРОВАНИЕМ | <i>Стр.1 из 11</i> |

Цель

Дать обзор основных действий Ответственного за аварийное реагирование, которые он должен предпринять в случае возникновения радиологической аварийной ситуации.

Обсуждение

Ответственный за аварийное реагирование должен незамедлительно оценить радиационную и общую ситуацию, основываясь на информации, полученной от Инициатора реагирования и Руководителя аварийных работ на месте аварии. На основании результатов этой оценки следует начать действия по реагированию с целью ослабления последствий аварии, а также начать проведение адекватных защитных мероприятий.

Ответственный за аварийное реагирование должен понимать, что контакты с представителями средств массовой информации и населением являются неотъемлемой частью аварийного реагирования.

Вводные данные

- Уведомление о потенциальной или реальной аварийной ситуации (Карта А1).

Результат

- Оценка аварийной ситуации
- Решения о проведении мероприятий по реагированию
- Оповещение населения

Аварийная фаза

Действие 1

Получите краткую информацию от Инициатора реагирования (Карта А1) и от всех других лиц, уже вовлеченных в контролирование аварийной ситуации (например, Руководителя аварийных работ на месте аварии, Специалиста-радиолога или штатных сотрудников объекта). Поднимите по тревоге / задействуйте любые необходимые силы реагирования.

Действие 2

Начните вести личный журнал, в котором регистрируйте все принципиально важные действия и решения во время аварии, включая:

- i. время активации,
- ii. время каждого телефонного звонка и фамилии звонивших лиц,
- iii. подразделения аварийного реагирования на месте происшествия, время вызова и время прибытия,
- iv. решения о проведении защитных мероприятий, включая изменения предыдущих решений,
- v. решения о проведении других мероприятий по реагированию,
- vi. значительные изменения ситуации и параметры времени, когда они происходили.

ПРИМЕЧАНИЕ

Регистрация данных, касающихся аварии (создание банка данных), имеет важное значение. Предпринимаемые мероприятия по радиационному и общему реагированию должны быть адекватным образом зарегистрированы и сохранены. Эта информация может быть использована позднее для процесса обучения или в качестве юридических аргументов.

Действие 3

Оцените исходную информацию в соответствии с Рисунком Б0, чтобы получить полное представление о возможных масштабах проблемы.

ПРИМЕЧАНИЕ

В зависимости от обстоятельств каждой аварии, необходимо организовать различные командные и вспомогательные объекты, такие как (см. Рисунок В1): командный пункт, зона прибытия участников реагирования, зона сортировки транспортных средств, корпункт и т.д. Действия всех оперативных групп участников реагирования должны координироваться с Командного пункта, на котором Руководителю аварийных работ на месте аварии предоставляются условия для руководства распределением ресурсов. Командный пункт должен быть центром контактов для всех задействованных участников (сил) реагирования.

Действие 4

На основании базовой информации идентифицируйте тип аварии и оцените главные необходимые мероприятия, используя перечисленные ниже рисунки.

| Ситуация: | См. перечень действий на Рисунке: |
|---------------------------------------|--|
| Обнаружение источника или загрязнения | Б1 |
| Утерянный источник | Б2 |
| Незащищенный источник | Б3 |
| Авария в лаборатории | Б4 |
| Авария на транспорте | Б5 |
| Дисперсия альфа-излучателей | Б6 |
| Рентгеновские установки и ускорители | Б7 |

Действие 5

Подробности найдите в соответствующих инструкциях.

| Ситуация: | Следуйте инструкции: |
|--|-----------------------------|
| Авария с радиоактивным источником или материалом | Б1 |
| Утерянный источник | Б2 |

ПРИМЕЧАНИЕ

Общие рекомендации по реагированию в случае распространения загрязнения через государственную границу или при возвращении спутника, работающего на ядерной энергии, можно найти в Приложениях V и VI соответственно.

Действие 6

Убедитесь, что все принципы и меры по индивидуальной защите выполняются в соответствии с рекомендациями Специалиста-радиолога.

Действие 7

Убедитесь, что персонал на месте аварии понимает возможность быстрой реакции средств массовой информации и создает условия для приема, размещения и контролирования корреспондентов настолько быстро, насколько это практически возможно. Назначьте, если необходимо, Ответственного за связь с прессой.

ПРИМЕЧАНИЕ

Корреспондентам не следует позволять неограниченный доступ к месту аварии, однако там, где это возможно, им следует разрешить фото-, кино- и видеосъемку. Регулярные брифинги или бюллетени для представителей прессы позволяют им своевременно узнавать о новых фактах по мере развития событий. Следует также убедиться, что присутствие представителей средств массовой информации не мешает работе Руководителя аварийных работ на месте аварии.

Послеаварийная фаза**Действие 8**

Как только авария закончилась:

- i. получите результаты оценки дозы от Специалиста-радиолога,
- ii. обеспечьте постоянное медицинское наблюдение лиц, отправленных в больницы,
- iii. сделайте сообщение для средств массовой информации и населения,
- iv. проинформируйте все организации, которые были задействованы, о том, что ситуация находится под контролем.

Действие 9

Убедитесь, что все действия, решения и/или рекомендации были зарегистрированы. Сохраните все записи, карты, информационные бюллетени и т.д.

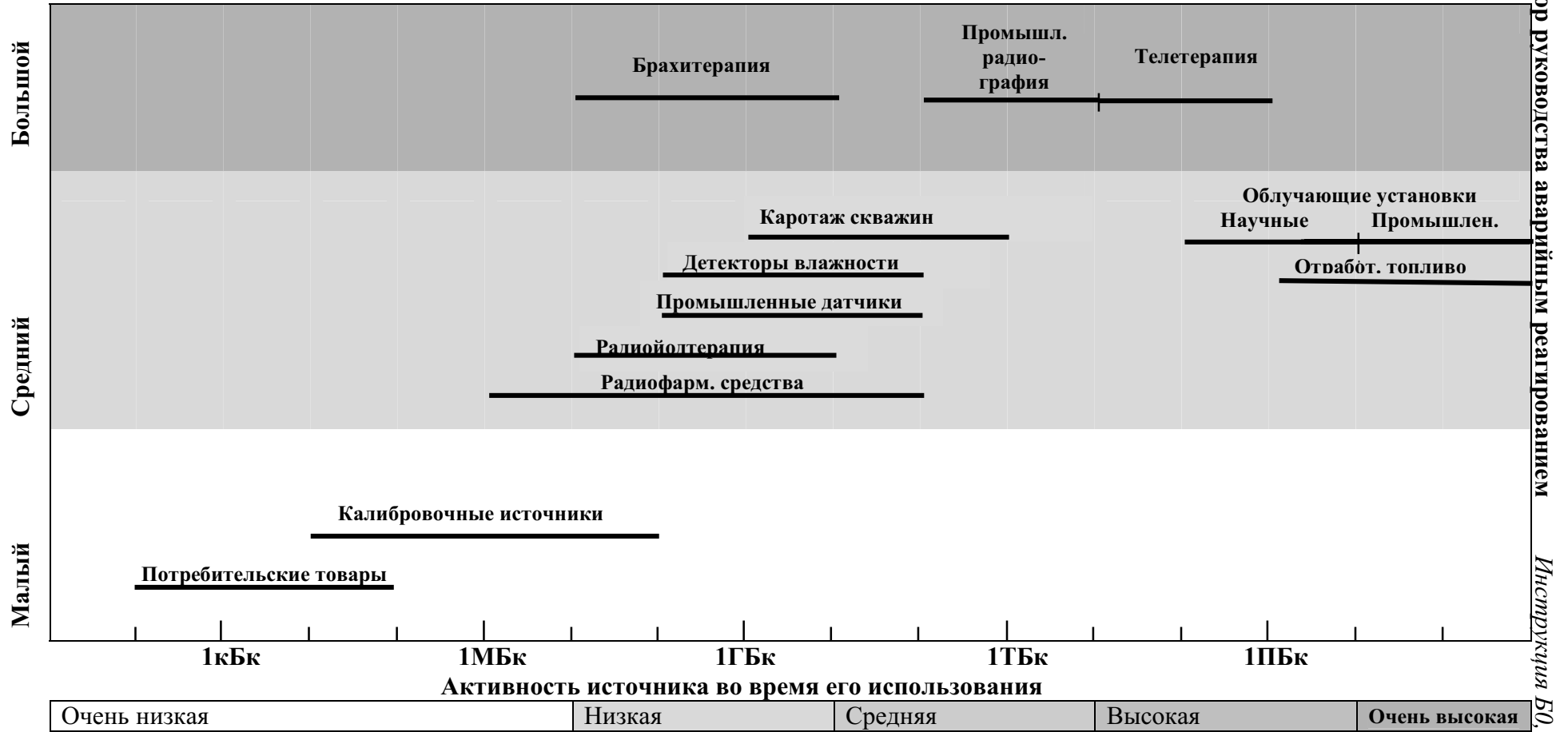
Действие 10

Восстановите в памяти порядок развития аварии, оцените реагирование и суммируйте полученные уроки. При необходимости отредактируйте соответствующим образом план аварийного реагирования. Подготовьте итоговый отчет (руководствуйтесь Приложением VIII).

ПРИМЕЧАНИЕ

Авария считается закончившейся тогда, когда отсутствует вероятность дальнейшего облучения, а радиологические последствия с точки зрения медицинских эффектов контролируются адекватно.

РИС. Б0. Масштаб потенциальной проблемы



ПРИМЕЧАНИЯ:

- Масштабы проблем в пределах выделенных групп более или менее одинаковы.
- Природа облучающих установок такова, что в то время, когда они могут обеспечить потенциально летальную дозу для работников, они не представляют значительной опасности для населения.
- Категории определены с учетом средней прочности транспортных контейнеров, применяемых при перевозках.

РИС. Б1. Обнаруженный источник или загрязнение

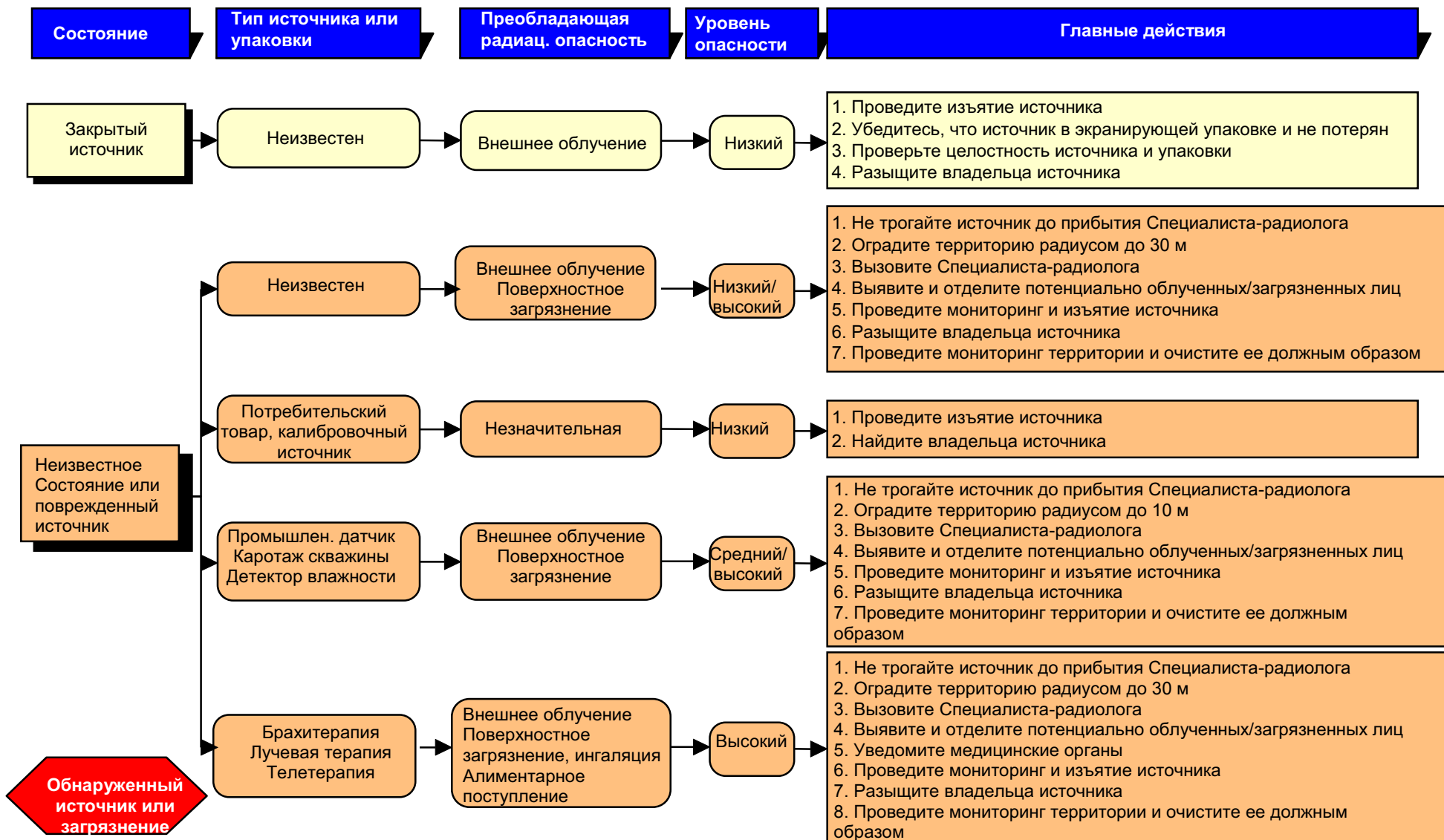


РИС. Б2. Утерянный источник

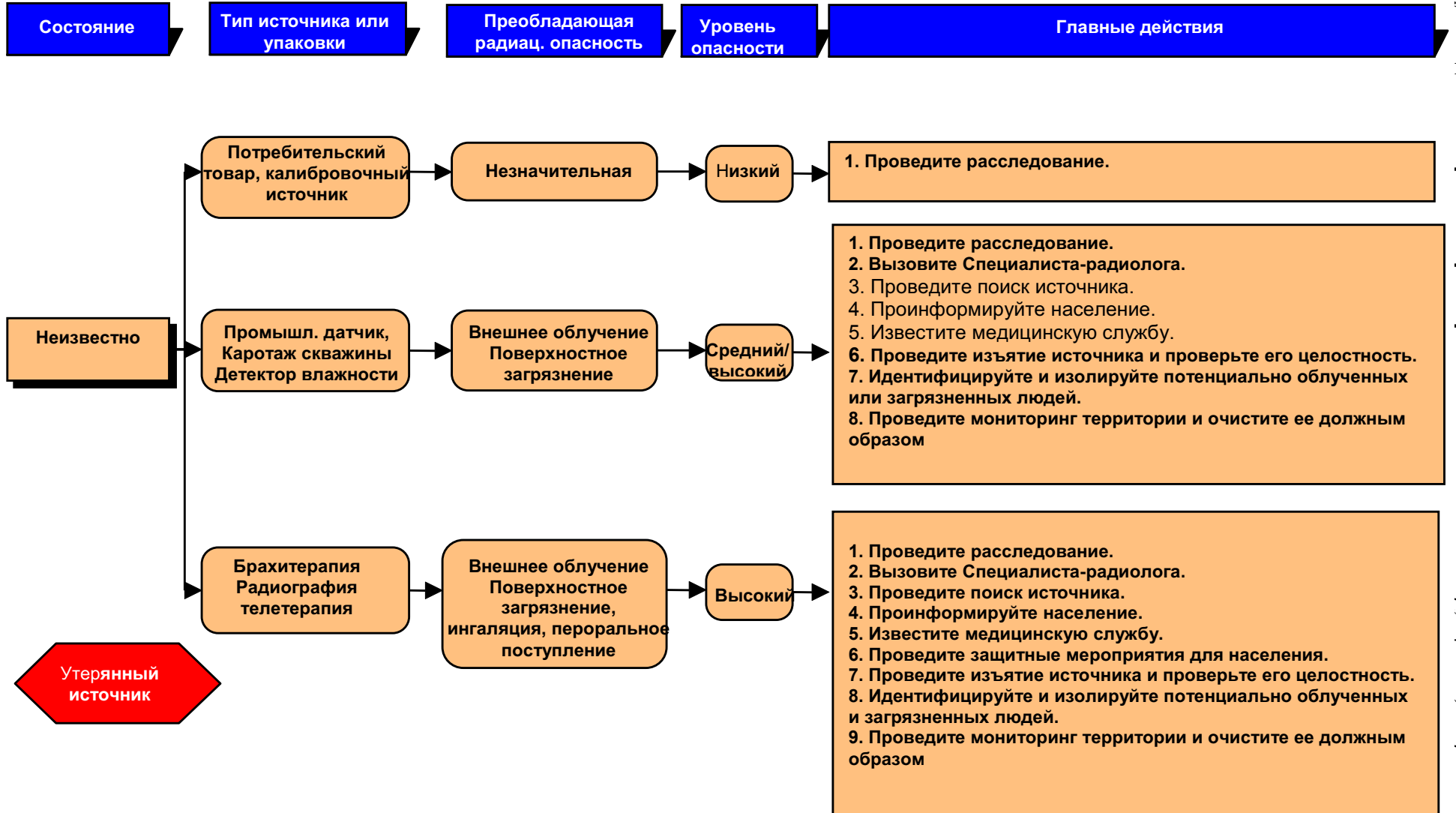


РИС. Б3. Незащищенный источник

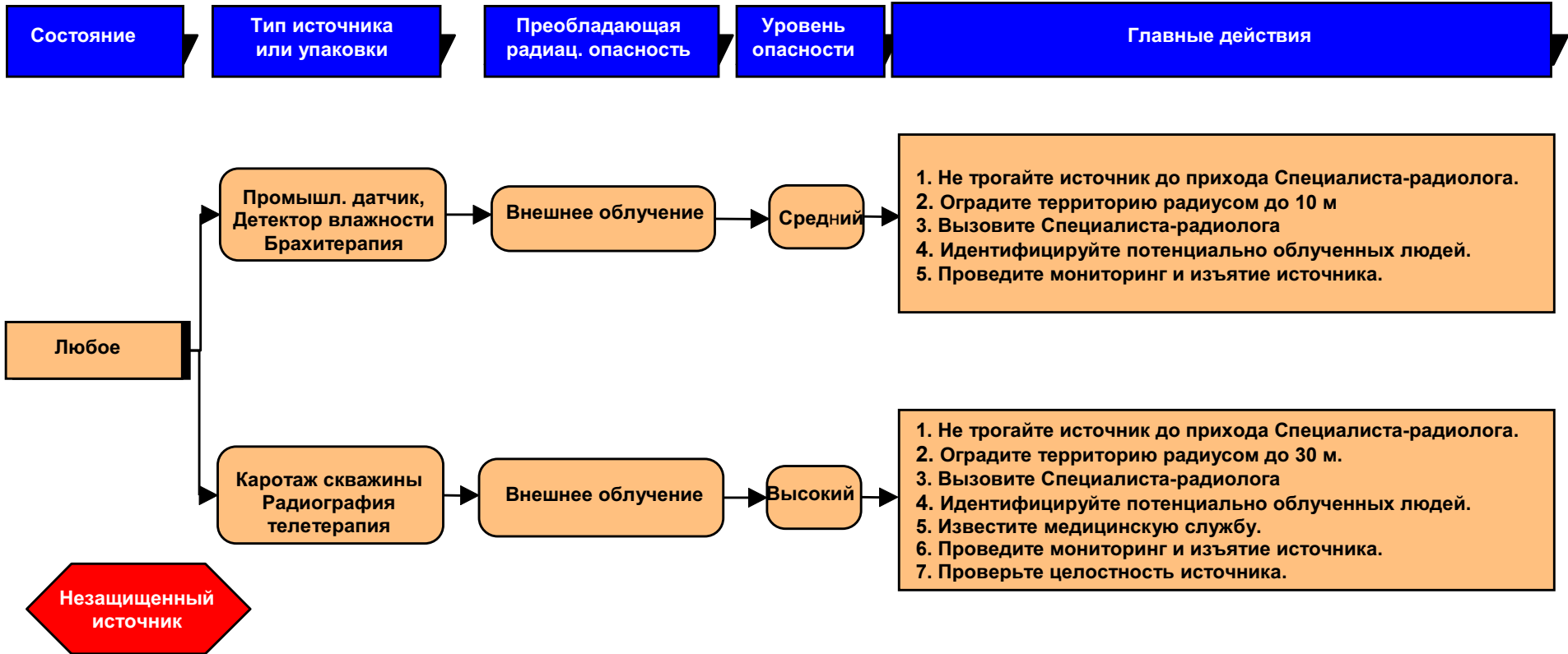


РИС. Б4. Авария в лаборатории

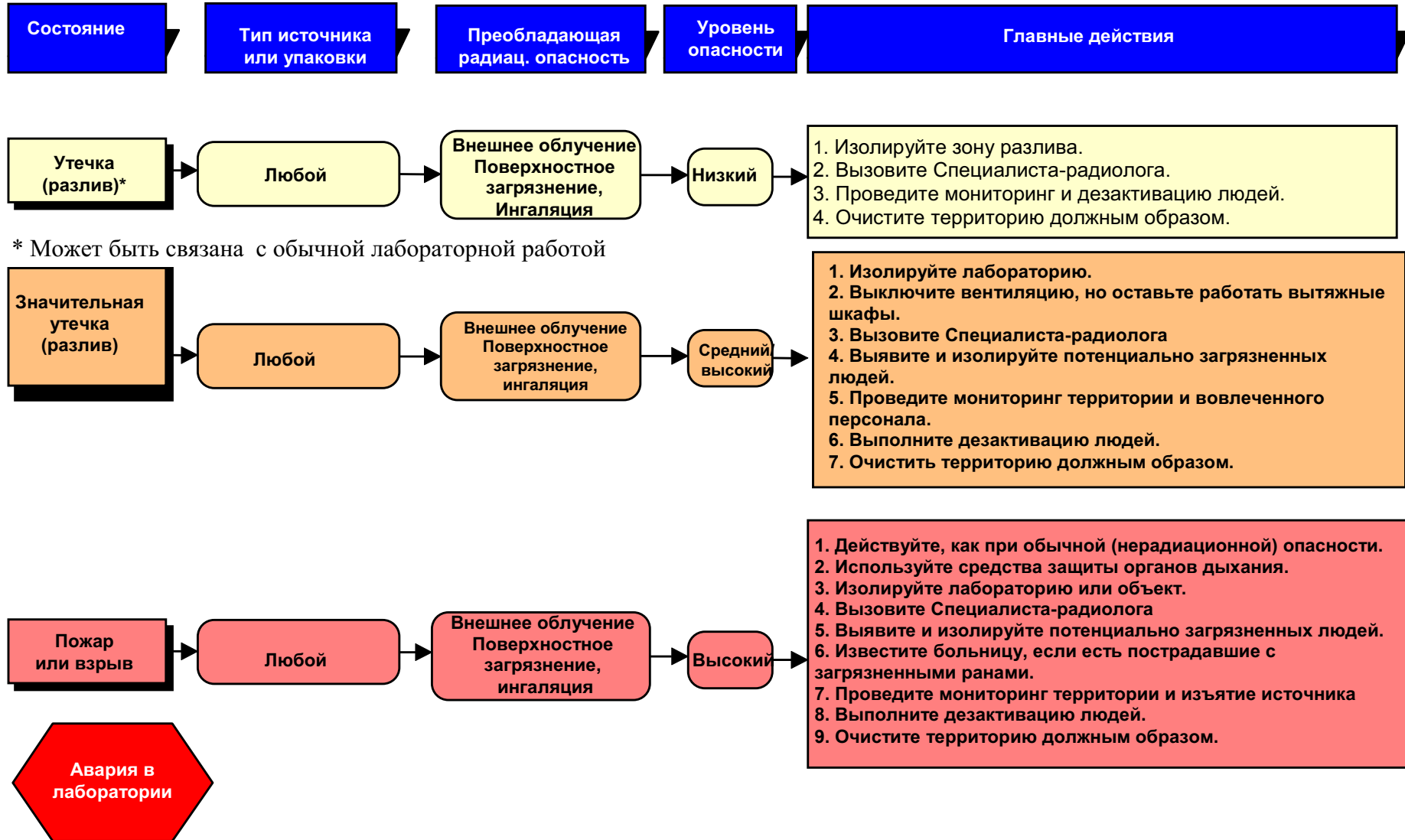
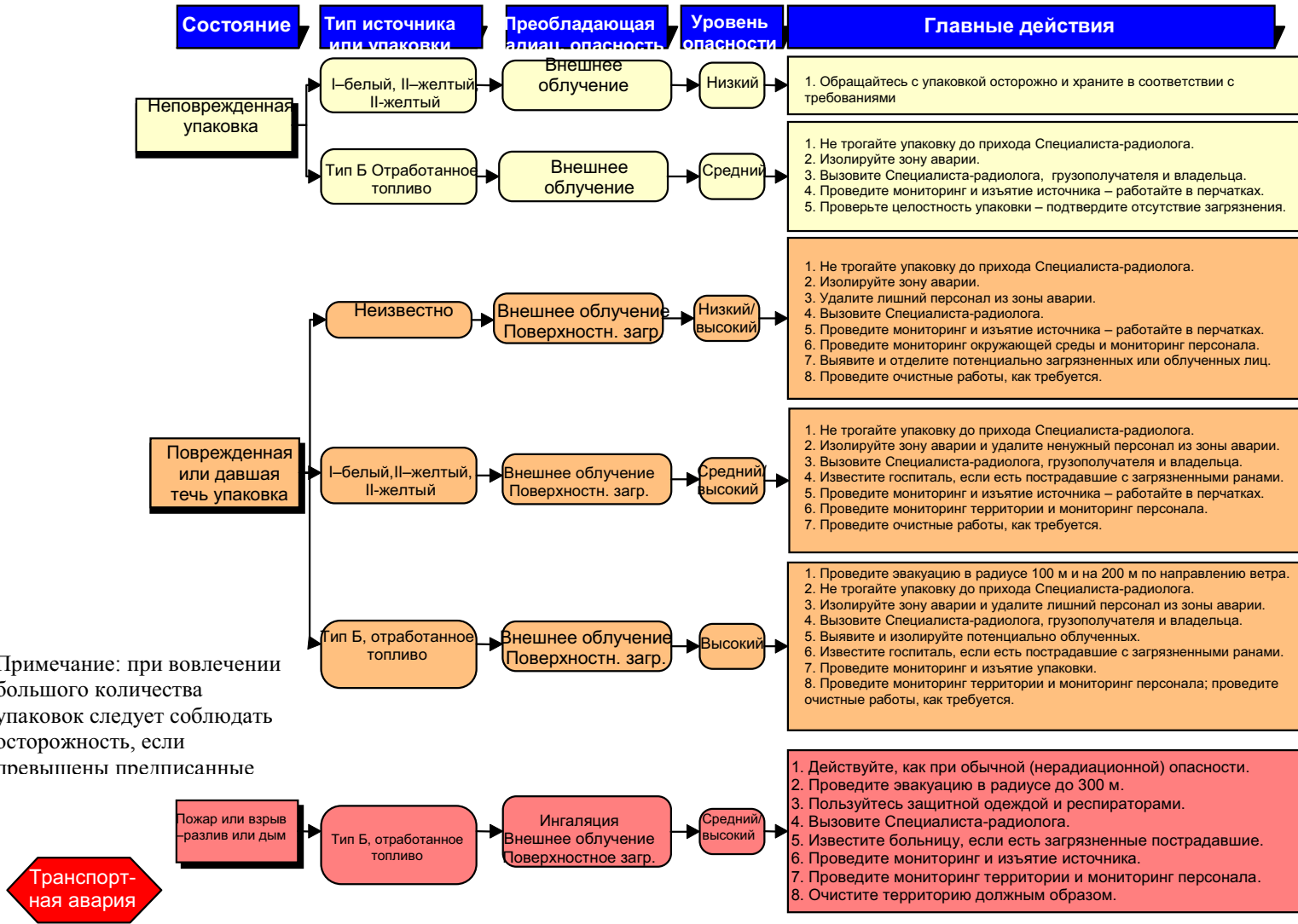


РИС. Б5. Транспортная авария



Примечание: при вовлечении большого количества упаковок следует соблюдать осторожность, если превышены предписанные

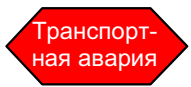
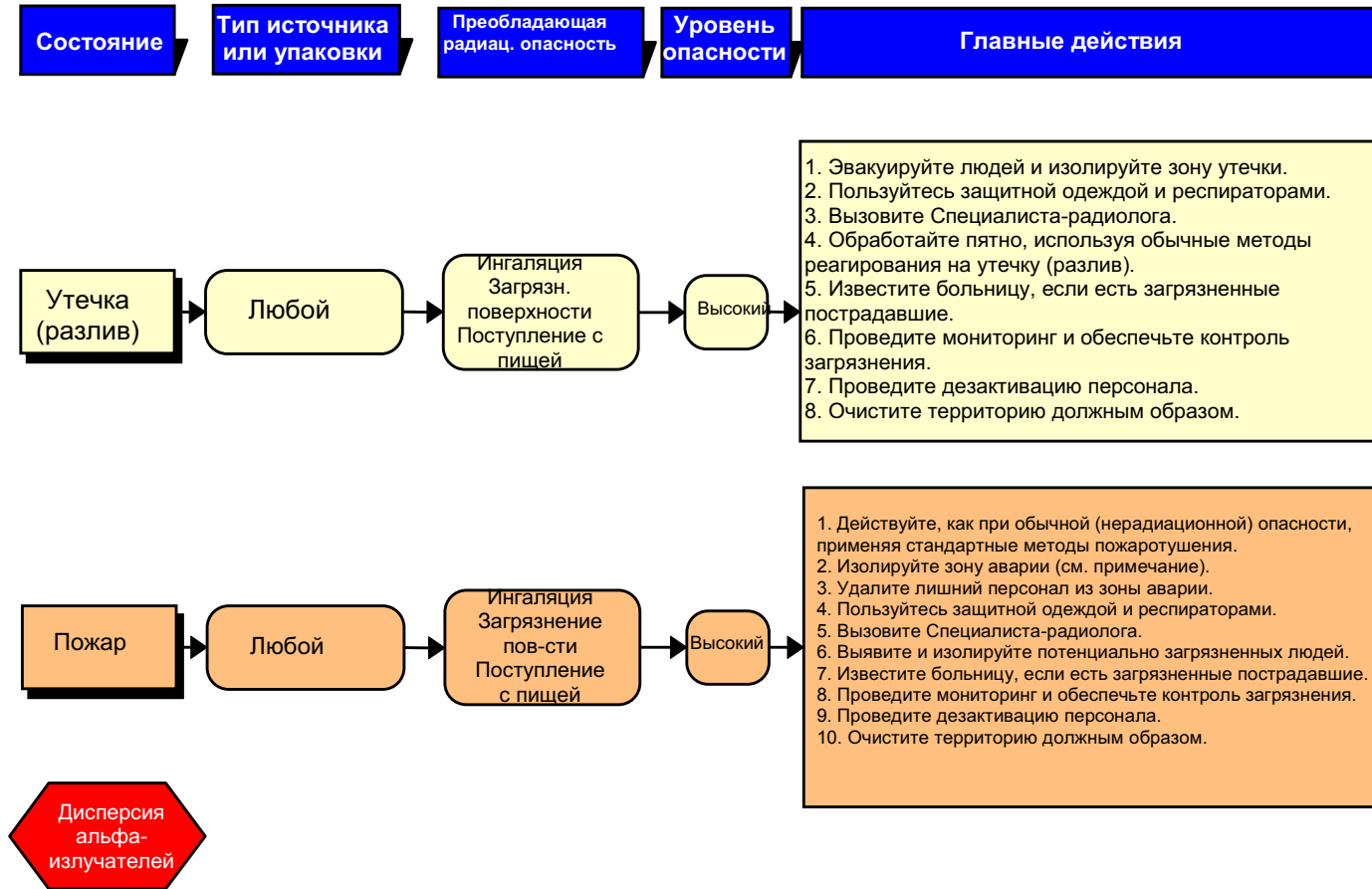
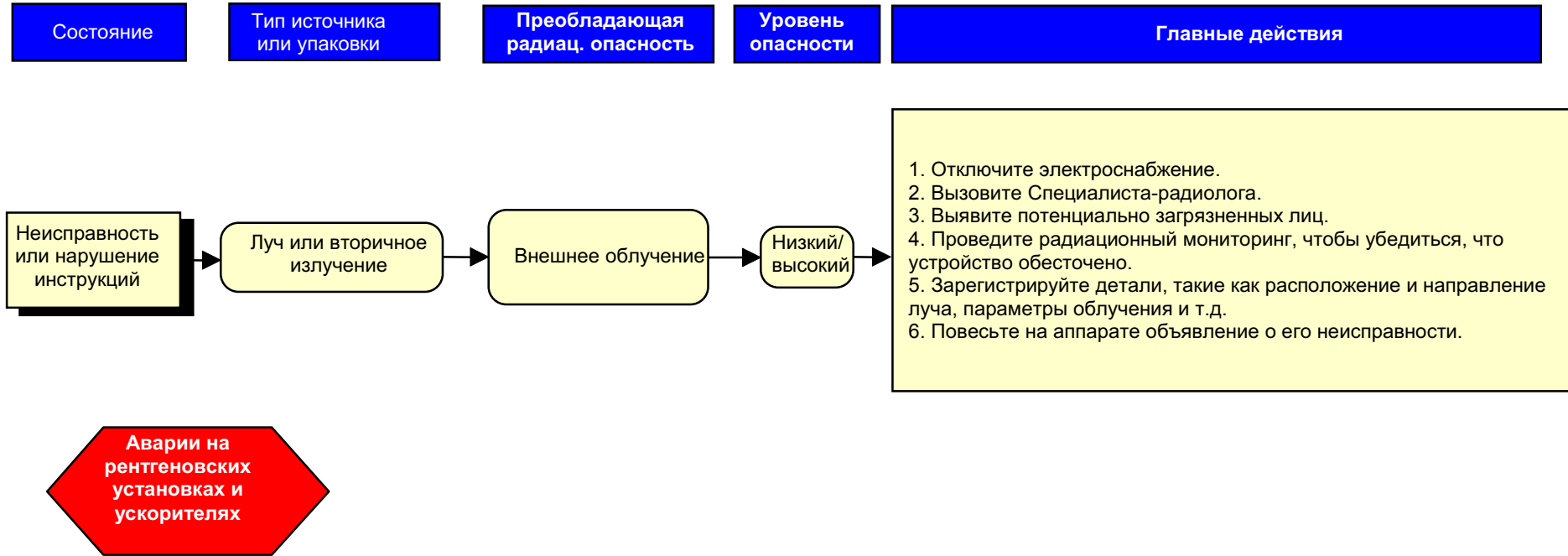


РИС. Бб. Дисперсия альфа-излучателей



Примечание: Многие закрытые источники, используемые в промышленности, сконструированы таким образом, чтобы выдерживать высокие температуры. В случае использования открытого источника альфа-излучения или очень большого закрытого источника может потребоваться эвакуация в радиусе до 300 м.

РИС. Б7. Аварии на рентгеновских установках и ускорителях



| | | |
|---|---|-------------|
| Выполняется: Ответственным за аварийное реагирование | ИНСТРУКЦИЯ Б1 | Стр. 1 из 3 |
| | АВАРИЯ С РАДИОАКТИВНЫМ ИСТОЧНИКОМ ИЛИ РАДИОАКТИВНЫМ МАТЕРИАЛОМ | |

Цель

Дать рекомендации по руководству действиями, направленными на ослабление последствий аварии и ограничение облучения населения и аварийных работников, а также мероприятиями по ограничению распространения загрязнения, изъятию источника и/или очистке территории при авариях с вовлечением источников радиации или радиоактивного материала.

Обсуждение

Это довольно широкая категория, включающая обнаруженные источники или загрязнение, утерянные источники, незащищенные источники, аварии в лаборатории или на научном объекте, транспортные аварии и дисперсию альфа-излучателей. Однако начальные меры предосторожности при обращении с источником одни и те же. *Заранее* может быть неизвестно, имеет ли место загрязнение (например, был ли источник поврежден). Следовательно, пока не будет доказано обратное, реагирование на эти типы аварий исходно предполагает наличие загрязнения. Степень опасности зависит от природы и активности источника, что может быть заранее неизвестно.

Вводные данные

- Уведомление о потенциальной или реальной аварийной ситуации (Карта А1).

Результат

- Оценка аварийной ситуации
- Решения по проведению защитных мероприятий
- Оповещение населения

Действие 1

1.1 Назначьте старшего ответственного на месте аварии, выполняющего функции Руководителя аварийных работ на месте аварии и установите связь с местом аварии. Обеспечьте Руководителя аварийных работ на месте аварии начальными инструкциями.

Начальные инструкции должны касаться следующих действий, которые выполняются по мере необходимости:

- прежде всего, – спасти пораженных людей;
- сначала бороться с обычной опасностью (например, с огнем);
- локализовать источник или зону загрязнения;
- установить границу охраны на безопасном расстоянии (см. Таблицу В1);
- изолировать потенциально загрязненных людей;
- защитить аварийных работников;
- провести радиационный мониторинг;
- ограничить распространение загрязнения.

- 1.2 Определите, насколько серьезна авария, и представляет ли она значительный общественный интерес, чтобы решить, будет ли оправданным прибытие Руководителя аварийных работ на месте аварии государственного уровня для осуществления контроля в целом.

Действие 2

Если это еще не было сделано, отправьте на место аварии все необходимые силы аварийного реагирования. Проинформируйте их о том, с какой опасностью они могут столкнуться. Коротко проинструктируйте их о мерах индивидуальной защиты.

Вместе с Руководителем аварийных работ на месте аварии определите, могут ли потребоваться дополнительные ресурсы:

- i. другие службы аварийного реагирования (пожарные, полиция, силы гражданской обороны, скорая медицинская помощь и т.д.);
- ii. органы власти;
- iii. ваши штатные сотрудники;
- iv. другие отделы вашей организации;
- v. частные компании (например, служба обработки отходов, группы по уборке, поставщики тяжелого оборудования).

Действие 3

Убедитесь, что Руководитель аварийных работ на месте аварии проинформирован о имеющихся ресурсах, которые могут прибыть на место аварии.

Действие 4

Регулярно принимайте отчеты от Руководителя аварийных работ на месте аварии по следующим вопросам:

- i. состояние обычных факторов опасности;
- ii. состояние радиологической опасности;
- iii. безопасность людей;
- iv. рекомендуемые и предпринимаемые защитные мероприятия.

Регулярно регистрируйте поступающую информацию в *Карте регистрации мероприятий по немедленному реагированию* (Карта Б1).

Действие 5

На основании результатов мониторинга и рекомендаций Специалиста-радиолога пересмотрите защитные мероприятия. Примите решение о проведении, в случае необходимости, дополнительных мероприятий по защите населения и дайте соответствующие инструкции Руководителю аварийных работ на месте аварии.

Действие 6

Убедитесь, что Специалист-радиолог проводит мониторинг загрязненных или потенциально загрязненных людей, и что они отправлены в больницу, если это требуется на основании рекомендаций Специалиста-радиолога. В этом случае сообщите в больницу о том, что туда отправлены загрязненные или потенциально загрязненные пациенты, и предоставьте больнице радиологическую поддержку.

Действие 7

Проинформируйте совместно с Руководителем аварийных работ на месте аварии средства массовой информации и население.

ПРИМЕЧАНИЕ

Население имеет право знать факты, а средства массовой информации проявляют законный интерес к тому, чтобы сообщить об этих фактах. Правда о радиационной аварии практически всегда вызывает меньше тревоги, чем преувеличенные представления о ее масштабах, которые обязательно распространяются при отсутствии понимания ситуации, основанного на достоверной информации.

Группы реагирования НЕ ДОЛЖНЫ предоставлять данные для общественности, но они могут сообщить номер телефона для контактов с Ответственным за аварийное реагирование. Группы реагирования могут объяснять, ЧТО они делают и ЗАЧЕМ.

Действие 8

После того, как источник и загрязнение (при его наличии) локализованы, скоординируйте действия по изъятию источника и очистке территории. В это момент может понадобиться консультация Специалиста-радиолога, который поможет сделать оптимальный выбор и определить необходимость дополнительных ресурсов. Может понадобиться также назначить другого Руководителя аварийных работ на месте аварии (если первый Руководитель аварийных работ на месте аварии является членом команды аварийного реагирования), чтобы часть служб аварийного реагирования могла вернуться к своим обычным обязанностям.

Действие 9

Оцените заново ситуацию с учетом любых существенных изменений в состоянии аварии.

Действие 10

Совместно со Специалистом-радиологом или другими профессионалами в этой области разработайте планы изъятия источника и очистки территории (если нужно). Разработайте стратегию обработки отходов (если они есть).

ПРИМЕЧАНИЕ

В некоторых случаях аварийные работники сами могут быть участниками аварии, например, специалист, занимающийся промышленной радиографией, который обнаружил источник, застрявший в излучающем положении, может быть также привлечен к изъятию источника, поскольку он хорошо знает это оборудование. В таких случаях его индивидуальный дозиметр, который он носил во время аварии, следует заменить на новый, что позволит отдельно установить дозы, полученные специалистом во время аварии и во время изъятия источника.

Действие 11

Спланируйте и отрепетируйте действия по изъятию источника.

Действие 12

Проконтролируйте выполнение операций по изъятию источника, очистке территории и удалению отходов (если они есть).

| | | |
|--|---------------------------|--------------------|
| <i>Выполняется:</i> | ИНСТРУКЦИЯ Б2 | |
| <i>Ответственным за аварийное реагирование</i> | УТЕРЯННЫЙ ИСТОЧНИК | <i>Стр. 1 из 3</i> |

Цель

Дать рекомендации по идентификации, локализации и изъятию источника, предусматривающие обеспечение безопасности населения и аварийных работников.

Обсуждение

Утерянный источник может быть чрезвычайно опасным, если его обнаруживает человек, не понимающий всей опасности ионизирующего излучения. При таком типе аварии в первую очередь следует установить местонахождение источника и выявить всех лиц, которые могли по незнанию с ним контактировать. При оценке потенциальной опасности источника для людей важно получить информацию о типе источника, его активности и других физических и химических характеристиках. Поиск источника следует обычно начинать с последнего места его известного нахождения. Необходимо провести расследование, чтобы восстановить последовательность событий. Для установления местонахождения источника могут использоваться сообщения из медицинских учреждений о потенциально загрязненных или облученных пострадавших, результаты мониторинга Специалиста-радиолога, а также данные расследований полиции.

Ответственный за аварийное реагирование должен помнить о том, что утерянный источник может стать предметом контрабанды.

Вводные данные

- Уведомление об утерянном источнике (Карта А1)
- Вся доступная документация и информация об утерянном источнике

Результат

- Оценка степени опасности для населения
- Адекватный план поиска
- Решение о проведении защитных мероприятий
- Информирование и консультирование населения по мере необходимости

Действие 1

Изучите всю доступную информацию, касающуюся утерянного источника. Свяжитесь с владельцем источника.

ПРИМЕЧАНИЕ

Информация, полученная из разных источников, может быть противоречивой или запутанной. По мере возможности, информацию, полученную из разных источников, следует сопоставить между собой и проверить, что позволит верифицировать ее адекватность и полноту.

Действие 2

Свяжитесь с полицией, чтобы инициировать расследование местонахождения источника. Восстановите порядок событий и обстоятельства потери.

Действие 3

Оцените уровень опасности, пользуясь Рисунками Б0 и Б2. Если уровень опасности высокий или средний, свяжитесь со Специалистом-радиологом. Сообщите ему всю известную информацию о типе источника, его активности и характеристиках, и получите от него заключение о потенциальной опасности для населения.

Действие 4

Вместе со Специалистом-радиологом, владельцем источника и полицией определите, какое информационное сообщение следует дать для населения, если в этом есть необходимость. Рассмотрите следующие возможности:

- i. Предупредите больницы и попросите их сообщать о фактах поступления в стационар пациентов, имеющих симптомы облучения или наличие загрязнения.
- ii. Сообщите в средства массовой информации о необходимости предупредить население об утерянном источнике, дайте его описание и рабочие характеристики, укажите, что следует делать в случае обнаружения источника, к кому обращаться с вопросами и куда сообщать, если источник где-то видели.

Действие 5

Исходя из первоначальных сведений, разработайте стратегию поиска. Она предполагает сотрудничество с владельцем источника, полицией и Специалистом-радиологом. Группа (или группы) поиска должны включать специалистов, имеющих опыт распознавания источников и их упаковок, а также опыт выполнения радиационных измерений. Если это возможно, все члены группы поиска (а один – обязательно) должны носить индивидуальные дозиметры. Члены группы поиска должны применять инструкции мониторинга, изложенные в публикации [6]. Определяя стратегию поиска, рассмотрите следующие моменты:

- i. ищите предметы, маркированные символом радиации,
- ii. ищите предметы, маркированные именем владельца источника или изготовителя,
- iii. ищите экранирующие контейнеры из свинца или другого тяжелого металла,
- iv. при ведении поиска на больших территориях разведка с воздушного и наземного транспорта с использованием NaI или другого подходящего детектора помогает быстро определить местонахождение источника или загрязнения; пеший поиск всегда завершает разведку,
- v. исследуйте места санитарной обработки отходов и объекты по переработке вторсырья.

Действие 6

Снабдите группы поиска соответствующими инструментами и оборудованием. Кратко проинформируйте их об оперативных аспектах задачи поиска, а также о возможной радиационной опасности. Все поисковые действия должны проводиться таким образом, чтобы облучение было как можно более низким.

Обеспечьте группы поиска следующей информацией:

- i. картами местности,
- ii. планами строений,
- iii. результатами начальных этапов расследования,

- iv. сведениями о вовлеченных в события лицах,
- v. количестве потенциально пораженных представителей населения.

ПРИМЕЧАНИЕ

Для ведения поиска на объектах или на территориях с ограниченным доступом члены поисковых групп должны получить разрешение администрации.

Действие 7

Следите за процессом поиска. Регистрируйте все действия, решения и данные. Запланированные маршруты расследования, результаты визуальных наблюдений и измерений мощности дозы следует наносить на карты мониторинга, которые станут базовым документом для поиска.

Действие 8

Если поиск не дает результатов, зарегистрируйте все полученные факты и пересмотрите стратегию поиска. Возобновите процесс поиска.

Действие 9

Когда установлено местонахождение источника, незамедлительно проведите мероприятия, чтобы обеспечить его безопасность. Первое, что следует сделать по обнаружении источника, – убедиться в том, что находящиеся поблизости люди адекватно защищены (см. Таблицу В1). Кроме того:

- i. проинформируйте население о том, что источник обнаружен (если ранее сообщалось о его пропаже);
- ii. убедитесь в том, что все лица, которые могли получить дозу облучения, выявлены, и об этом сообщено в больницу, если это необходимо в соответствии с рекомендациями Специалиста-радиолога;
- iii. обеспечьте больницы радиологической помощью, если это необходимо;
- iv. иницируйте мероприятия по дезактивации людей (если необходимо) и убедитесь, что они обеспечены медицинским наблюдением.

Действие 10

Проконсультировавшись со Специалистом-радиологом или другим профессионалом в этой области, разработайте планы по изъятию источника и по очистке территории (если необходимо). Разработайте стратегию обращения с отходами (если они есть).

Действие 11

Спланируйте и отрепетируйте действия по изъятию источника.

Действие 12

Проконтролируйте действия по изъятию источника, по очистке территории и по удалению отходов (если необходимо).

РАЗДЕЛ В
РЕАГИРОВАНИЕ НА МЕСТЕ АВАРИИ

***Предупреждение:** Инструкции в этом разделе должны быть адаптированы таким образом, чтобы соответствовать государственным и местным условиям, а также состоянию объекта и возможностям тех, кто будет ими пользоваться. Они должны быть также интегрированы в общую систему реагирования на обычные аварии.*

| | | |
|---------------------|--|--------------------|
| <i>Выполняется:</i> | ИНСТРУКЦИЯ В1 | <i>Стр. 1 из 5</i> |
| | РЕАГИРОВАНИЕ РУКОВОДИТЕЛЯ АВАРИЙНЫХ РАБОТ НА МЕСТЕ АВАРИИ | |

Цель

Дать рекомендации по ослаблению последствий аварии и проведению мероприятий по реагированию на месте аварии.

Обсуждение

Если авария происходит на объекте, основная ответственность ложится, наиболее вероятно, на ответственного за радиационную безопасность объекта, который обычно имеет в своем распоряжении оборудование для мониторинга и знает, как им пользоваться. В других ситуациях первыми профессионалами, которые оказываются на месте аварии, обычно бывают полицейские, пожарные или врачи скорой помощи. Старший из них обычно принимает на себя роль Руководителя аварийных работ на месте аварии до тех пор, пока его не сменят. Инструкция характеризует основные действия, направленные на ослабление последствий аварии и проведение мероприятий по реагированию на месте происшествия.

Почти во всех случаях опасность, обусловленная радиацией, бывает меньше, чем опасность, обусловленная другими факторами, такими как пожар, взрыв и т.д.

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

На объектах могут находиться радиоактивные источники, которые могут привести к получению летальной дозы участниками реагирования. Любыми действиями по реагированию на таких объектах должны руководить сотрудники службы радиационной безопасности или специально уполномоченные пользователи источника.

Вводные данные

- Уведомление об аварии
- Краткая информация от Инициатора реагирования
- Ситуация на месте происшествия

Результат

- Действия по реагированию на месте аварии
- Контакт с Ответственным за аварийное реагирование

По уведомлении

Действие 1

Поднимите по тревоге Специалиста-радиолога (если это не сделано раньше). Установите контакт с Ответственным за аварийное реагирование.

ПРИМЕЧАНИЕ

Очередность выполнения перечисленных ниже действий может меняться в зависимости от возможностей Руководителя аварийных работ на месте аварии и его расположения относительно места аварии во время получения уведомления. В частности, может потребоваться, чтобы он дал начальные рекомендации Инициатору реагирования по телефону.

На месте аварии

Действие 2

К месту происшествия подходите осторожно, не поддаваясь побуждению сделать это как можно быстрее. Там, где есть вероятность выброса радиоактивного материала, подходите к месту аварии с наветренной стороны. Оцените ситуацию. Обратите внимание на возможные признаки наличия радиации (см. Приложение IV) и ее распространения, такие как:

- плакаты с предупреждающими символами радиации,
- информация от очевидцев аварии, которые могут что-либо знать о природе опасности,
- упаковки, маркированные символами радиации,
- следы утечки радиоактивных материалов, пожар или взрыв.

Если у вас есть дозиметры, измерьте мощность дозы и проверьте наличие загрязнения. Включите прибор, подходя к месту аварии, чтобы заметить, где начинается зона повышенного радиационного фона. **НЕ ПОДХОДИТЕ** к зоне, где может располагаться источник, не измерив предварительно мощность дозы.

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Альфа-частицы и нейтроны **НЕВОЗМОЖНО** выявить с помощью мониторов гамма-/бета-излучения.

Ограничьте время, проводимое в зоне непосредственной опасности. Старайтесь избегать прямого контакта с поврежденными или давшими течь контейнерами.

Альфа-излучатели представляют серьезную угрозу при ингаляционном поступлении и требуют защиты дыхательных путей. Использование респираторов требует специальной подготовки, они должны применяться только подготовленными профессионалами.

Действие 3

Удалите с места аварии лишний персонал и посторонних людей. Если есть основания предполагать, что они могут иметь радиоактивное загрязнение, соберите их в специально отведенном отдельном месте до прибытия Специалиста-радиолога, который сможет провести мониторинг загрязнения.

Действие 4

Если лица, вовлеченные в аварию, оказались травмированными, используйте стандартные методы оказания первой медицинской помощи. **НЕ ОТКЛАДЫВАЙТЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПО СПАСЕНИЮ ЖИЗНИ ЛЮДЕЙ ИЗ-ЗА НАЛИЧИЯ РАДИАЦИИ!**

- 4.1 Удалите пострадавших из опасной зоны как можно быстрее.
- 4.2 Вызовите службу скорой медицинской помощи и проинформируйте ее сотрудников о том, что пострадавшие могут быть загрязнены радиоактивным материалом.

Действие 5

Контролируйте проведение мероприятий по реагированию в соответствии со следующими приоритетами и инструкциями. Если назначенных первых реагирующих нет на месте аварии, поручите членам других групп выполнять их функции до прибытия на место аварии специальных подразделений.

| Действие | Первый реагирующий: | Выполняет действия по Инструкции: |
|--|----------------------------|--|
| Обеспечение первой медицинской помощи | Скорая медицинская помощь | В4 |
| Борьба с огнем и контроль мест утечки радиоактивного материала в соответствии со стандартными инструкциями | Пожарная служба | В3 |
| Установление границ охраны и безопасности. Контроль за доступом и выходом персонала и посторонних лиц на безопасном расстоянии (безопасные расстояния представлены в Таблице В1, схема места аварии – на Рисунке В1): i. При наличии пожара загрязнение может распространяться за пределы места аварии. Специалист–радиолог должен провести разведку окружающей территории. ii. Следует изолировать предметы, которые могут быть загрязненными, и отложить очистку территории до получения инструкций от Ответственного за аварийное реагирование или Специалиста-радиолога. | Полиция | В2 |
| Координация действий с силами реагирования объекта | Объект | В5 |

Действие 6

Убедитесь, что участники аварийного реагирования знают инструкции по индивидуальной защите аварийных работников (Инструкция В6), и что они применяют соответствующие меры предосторожности (см. Таблицу В1 с рекомендациями о безопасных расстояниях):

Если в наличии имеется источник:

- i. Если источник или упаковка неизвестны, не трогайте их до получения рекомендаций от Специалиста-радиолога.
- ii. Если источник или упаковка повреждены или есть признаки утечки материала, предположите наличие загрязнения. Не прикасайтесь. Ограничьте перемещение участников аварийного реагирования в зону и обратно, ждите прибытия Специалиста-радиолога.
- iii. Если на упаковке есть маркировка I-БЕЛАЯ, II-ЖЕЛТАЯ или III-ЖЕЛТАЯ, при этом упаковка кажется неповрежденной, и есть срочная необходимость по какой-либо причине ее удалить, осторожно возьмите упаковку, поместите в пакет и передайте из рук в руки Специалисту-радиологу, как только он прибудет на место аварии.

Если предполагается загрязнение

- i. Аварийные работники, пересекающие пункт контроля доступа в зону и обратно, носят перчатки и защитную одежду (если возможно), а также средства защиты органов дыхания (если предполагается загрязнение воздуха).
- ii. Если есть персонал с мониторами загрязнения, следует проводить мониторинг участников аварийного реагирования перед выходом их из зоны.
- iii. Если мониторов нет, ограничьте перемещение участников аварийного реагирования за пределами аварийной зоны.
- iv. Дождитесь, пока Специалист-радиолог сможет провести мониторинг участников аварийного реагирования, прежде чем им будет разрешено покинуть место аварии. Следите, чтобы животные, транспортные средства, оборудование и другие, предположительно загрязненные, предметы оставались в пределах аварийной зоны до получения разрешения Специалиста-радиолога на их перемещение.

ПРИМЕЧАНИЕ

При работе в опасных условиях (жара, огонь, дым и т.д.) может возникнуть необходимость медицинского обследования участников аварийного реагирования на их пригодность к работе (пульс, температура, артериальное давление и т.д.) до и после нахождения на месте аварии. О проведении контрольного обследования можно попросить членов группы аварийного медицинского реагирования.

Действие 7

По прибытии на место аварии Специалиста-радиолога убедитесь, что необходимые мероприятия по контролю загрязнения проводятся под его руководством.

Действие 8

Регулярно консультируйтесь со Специалистом-радиологом по следующим вопросам:

- i. распространенность загрязнения;
- ii. необходимые периметры безопасности и охраны;
- iii. защитные мероприятия для аварийных работников;
- iv. пределы времени нахождения аварийных работников в опасной зоне;
- v. защитные мероприятия для населения;
- vi. любые трудности, которые встречаются при проведении мероприятий.

Действие 9

Установите периметр безопасности в соответствии с требованиями, базирующимися на данных мониторинга, или в соответствии с рекомендациями Специалиста-радиолога. Проведите защитные мероприятия, утвержденные Ответственным за аварийное реагирование. Если с ним невозможно связаться, проведите (если это необходимо сделать срочно) защитные мероприятия в соответствии с рекомендациями Специалиста-радиолога.

Действие 10

Регулярно сообщайте о ходе событий Ответственному за аварийное реагирование.

ТАБЛИЦА В1. ПРИМЕРЫ ИСХОДНЫХ БЕЗОПАСНЫХ РАССТОЯНИЙ ПРИ РАДИОЛОГИЧЕСКИХ АВАРИЯХ

| Ситуация | Исходное безопасное расстояние |
|---|--|
| Неповрежденная упаковка с I-БЕЛОЙ, II-ЖЕЛТОЙ или III-ЖЕЛТОЙ маркировкой | Ближайшая зона вокруг упаковки |
| Поврежденная упаковка с I-БЕЛОЙ, II-ЖЕЛТОЙ или III-ЖЕЛТОЙ маркировкой | В радиусе 30 м или на уровне показаний 100 мкЗв/час |
| Неповрежденный обычный источник (потребительский товар) типа детектора дыма | Ближайшая зона вокруг источника |
| Другие незащищенные или неизвестные источники (поврежденные или неповрежденные) | В радиусе 30 м или на уровне показаний 100 мкЗв/час |
| Утечка радиоактивного материала | Пятно плюс 30 м вокруг |
| Значительная утечка радиоактивного материала | Пятно плюс 300 м вокруг |
| Огонь, взрыв или дым, отработанное топливо, утечка плутония | В радиусе 300 м или на уровне показаний 100 мкЗв/час |
| Взрыв/пожар с вовлечением ядерного оружия | В радиусе 1000 м |

Исходные расстояния безопасности, рекомендуемые в Таблице В1, предназначены для ситуаций вне помещений. Внутри объектов предписываются меньшие расстояния с учетом легкости контролирования доступа, а также экранирующего действия стен.

Действия после аварии

Действие 11

Оцените реагирование и подведите итоги полученным урокам. Доложите Ответственному за аварийное реагирование.

| | | |
|--|-----------------------------|-------------------|
| <i>Выполняется:</i> <i>Сотрудниками полиции</i> | ИНСТРУКЦИЯ В2 | <i>Стр.1 из 2</i> |
| | РЕАГИРОВАНИЕ ПОЛИЦИИ | |

Цель

Обеспечить полицию руководством по реагированию в условиях воздействия радиации.

Обсуждение

Если авария случается в общественном месте, то полиция обычно бывает первой на месте происшествия. Наиболее вероятный сценарий аварии, при которой полиция играет роль Первого реагирующего, - это транспортная авария.

Вводные данные

- Уведомление об аварии
- Ситуация на месте аварии

Результат

- Действия по реагированию на месте аварии

Действие 1

Если вы первыми прибыли на место аварии, примите на себя роль Руководителя аварийных работ на месте аварии до тех пор, пока вас не сменят. Следуйте Инструкции В1. Если Руководитель аварийных работ на месте аварии присутствует, получите у него краткую информацию.

Действие 2

Возьмите под охрану зону аварии (оцепите зону) и обеспечьте безопасность людей. Пользуясь Таблицей В1, определите примерно безопасное расстояние от источника. Рассмотрите на Рисунке В1 типичный план периметров охраны и безопасности.

Если у вас есть дозиметр, установите периметр безопасности при показаниях 100 мкЗв/час. Не входите в зону, если мощность дозы превышает 10 мкЗв/час, за исключением случаев, когда необходимо спасти жизнь людей и/или предотвратить развитие катастрофической ситуации.

Установите периметр охраны за пределами периметра безопасности, чтобы посторонние лица не мешали участникам реагирования.

Действие 3

Контролируйте доступ в охраняемую зону и выход из нее в соответствии со стандартными инструкциями.

ПРИМЕЧАНИЕ

Лучший способ контроля доступа - установление физических барьеров. Размещение барьеров требует учета местных условий и степени, до которой можно снизить опасность облучения. Вход и выход из охраняемой зоны должен производиться через установленные контрольные пункты. Эти пункты служат местом сбора аварийного персонала, а также пунктами радиологического контроля.

Действие 4

Запишите фамилии и адреса всех лиц, вовлеченных в аварию, а также тех, кто оказался рядом. Если предполагается загрязнение, держите людей в специально отведенном месте до тех пор, пока Специалист-радиолог не проведет мониторинг.

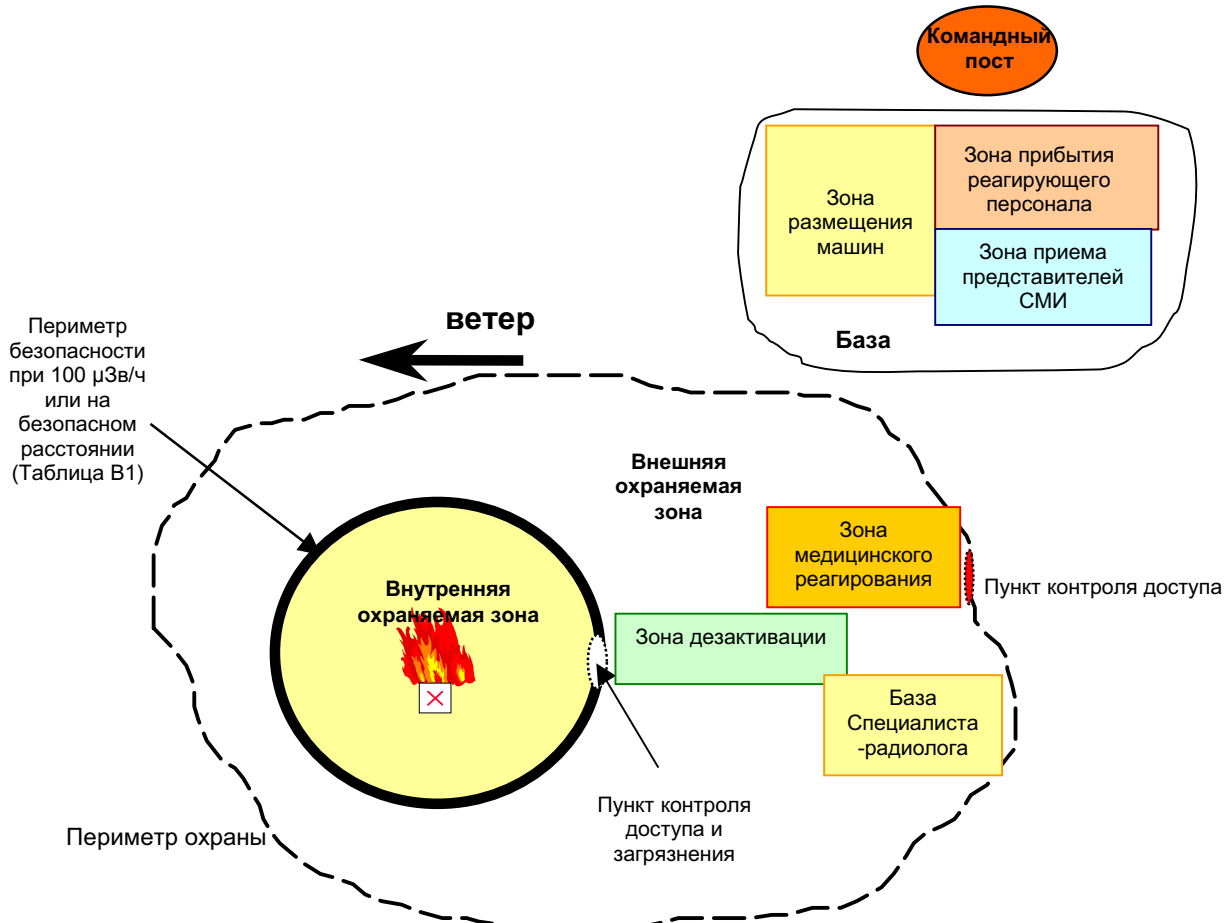


РИС. В1. Пример плана периметров безопасности и охраны

Примечания:

- i. Представленная схема предполагает необходимость полномасштабного реагирования на аварию, представляющую значительную угрозу для здоровья или безопасности. При небольших авариях эту схему следует адаптировать с учетом более ограниченных масштабов реагирования.
- ii. На пункте контроля доступа в загрязненную зону фоновые показания мониторов загрязнения должны быть достаточно низкими, соответствующими необходимым пределам детекции.

Действие 5

Проведите контроль загрязнения персонала и оборудования, пользуясь инструкциями, представленными в документе [6], или запросите помощь Специалиста-радиолога.

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

НЕ ПОКИДАЙТЕ место аварии, не пройдя предварительно индивидуальный контроль загрязнения. НЕ ВЫНОСИТЕ с места аварии никакого оборудования, не проверив его предварительно на возможное загрязнение.

| | | |
|--|---|--------------------|
| <i>Выполняется: Пожарной службой</i> | ИНСТРУКЦИЯ ВЗ | <i>Стр. 1 из 2</i> |
| | РЕАГИРОВАНИЕ ПОЖАРНОЙ СЛУЖБЫ | |

Цель

Обеспечить пожарную службу рекомендациями по реагированию в условиях воздействия радиации.

Обсуждение

Традиционно пожарные всегда участвуют в реагировании на аварии с вовлечением огня или опасных материалов. Источники ионизирующего излучения относятся к таким опасным материалам. Методы и инструкции по реагированию на утечку радиоактивного материала или на пожар с вовлечением радиоактивного материала в целом такие же, как и для других опасных веществ. Тем не менее, при реагировании на аварию с источниками радиации или радиоактивным материалом требуется соблюдение дополнительных мер предосторожности.

Если пожарные первыми прибывают на место аварии, может возникнуть необходимость, чтобы они выполняли также некоторые задачи службы полиции.

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

На многих объектах радиационная опасность присутствует наряду с химической, биологической и другими видами опасности, о чем Пожарная служба должна помнить и учитывать при разработке планов аварийного реагирования. В большинстве случаев доминирующими являются нерадиационные виды опасности, однако, имеющиеся при этом радиоактивные источники могут дать за короткий период времени летальную дозу облучения, что характерно, например, для источников, предназначенных для дистанционной лучевой терапии. Любым реагированием на таких объектах должны руководить представители службы радиационной безопасности или имеющие соответствующие полномочия пользователи.

Вводные данные

- Уведомление об аварии
- Ситуация на месте аварии

Результат

- Действия по реагированию на месте аварии

Действие 1

Если вы первыми прибыли на место аварии, примите на себя роль Руководителя аварийных работ на месте аварии до тех пор, пока вас не сменят. Следуйте Инструкции В1. Если Руководитель аварийных работ на месте аварии присутствует, получите у него краткую информацию.

Действие 2

Если у вас есть дозиметры, носите их с собой. Наденьте, если нужно, защитную одежду.

ПРИМЕЧАНИЕ

Необходимость защитной одежды обычно определяется обычными видами опасности. При наличии паров или дыма пользуйтесь респираторами или противогазами.

Действие 3

Применяйте обычные методы борьбы с огнем и контроля утечки радиоактивного материала. Старайтесь свести к минимуму возможное распространение загрязнения.

ПРИМЕЧАНИЕ

Чтобы уменьшить вероятность дисперсии рассыпанного материала, его можно закрыть полиэтиленом или брезентом.

Сточную воду, образующуюся при тушении пожара, а также жидкость, вытекающую из поврежденных контейнеров или упаковок, необходимо удерживать в пределах внутренней охраняемой зоны, сооружая временные сточные канавы с помощью лопат или других подручных инструментов.

| В случае: | Применяйте: |
|---|---|
| Небольшого пожара | Сухие химические вещества, CO ₂ , воду в виде аэрозоля или простую пену |
| Большого пожара | Воду в виде аэрозоля или водяной пыли (в избыточном количестве) |
| Небольшой утечки жидкого радиоактивного материала | Песок, землю или другие невоспламеняющиеся адсорбенты для укрытия и поглощения жидкого радиоактивного материала |
| Значительной утечки радиоактивного материала | Сделайте внизу по склону сточный ров для сбора стекающей воды |

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Не наступайте на разлитый материал и не прикасайтесь к нему. Избегайте ингаляции газа, паров или дыма, даже если известно, что они не содержат опасных материалов. Не считайте газы или пары безвредными на том основании, что они не имеют запаха: многие не имеющие запаха газы могут быть опасны.

В случае пожара с вовлечением отработанного топлива, охладите водой емкость (емкости) с топливом

Действие 4

Не перемещайте поврежденные контейнеры. Избегайте прямого контакта с поврежденными контейнерами. Если возможно, уберите с места аварии неповрежденные контейнеры (подальше от огня).

Действие 5

Выполните мониторинг загрязнения персонала и оборудования, пользуясь инструкциями, представленными в документе [6], или запросите помощь от Специалиста-радиолога.

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

НЕ ПОКИДАЙТЕ место аварии, не пройдя индивидуальный мониторинг загрязнения. **НЕ ВЫНОСИТЕ** с места аварии никакого оборудования, не проверив его предварительно на возможное загрязнение.

| | | |
|--|---|--------------------|
| <i>Выполняется: Службой скорой медицинской помощи</i> | ИНСТРУКЦИЯ В4 | <i>Стр. 1 из 3</i> |
| | МЕДИЦИНСКОЕ РЕАГИРОВАНИЕ НА МЕСТЕ АВАРИИ | |

Цель

Дать рекомендации по аварийному медицинскому реагированию в условиях радиации службе скорой медицинской помощи или Первому реагирующему, который должен оказать первую медицинскую помощь пострадавшим.

Обсуждение

Служба скорой медицинской помощи, как правило, прибывает на место аварии довольно быстро. До ее прибытия первую помощь пострадавшим могут оказать полицейские, пожарные или другие лица, прошедшие базовую подготовку по оказанию первой помощи. Внешнее облучение или загрязнение радиоактивным материалом не вызывает немедленного появления симптомов или диагностических признаков, поэтому, если у жертвы аварии определяется потеря сознания, нарушение ориентации, ожоги или другие патологические явления, ищите их причины вне связи с радиацией. В Приложении II представлена более подробная информация по вопросам медицинской готовности и реагирования.

Вводные данные

- Уведомление об аварии
- Ситуация на месте аварии

Результат

- Действия по реагированию на месте аварии

Действие 1

Если вы первыми прибыли на место аварии, примите на себя роль Руководителя аварийных работ на месте аварии до тех пор, пока вас не сменят. Следуйте Инструкции В1. В случае присутствия Руководителя аварийных работ на месте аварии получите от него общую информацию.

Действие 2

Если у вас есть дозиметры, носите их с собой. Наденьте, если нужно, защитную одежду.

Действие 3

Проводите поиск и спасайте пораженных людей как можно быстрее. Выявляйте и обрабатывайте немедленно угрожающие жизни травмы. Во время выноса пострадавших выполняйте обычные процедуры аварийной медицинской помощи. Выносите пострадавших из опасной зоны как можно быстрее. При необходимости запросите дополнительную медицинскую помощь.

Действие 4

Проведите сортировку по радиоактивному загрязнению и изолируйте загрязненных лиц. Снимите всю загрязненную одежду, если для этого нет медицинских противопоказаний. Изолируйте (сложите в пакет и обеспечьте сохранность) одежду, обувь и личные вещи. Наложите на раны стерильные повязки и подготовьте пострадавших к отправке в больницу. Перевозите их таким образом, чтобы предотвратить последующее загрязнение больных, медицинского транспорта и сопровождающего персонала.

ПРИМЕЧАНИЯ

Можно пользоваться следующей простой классификацией (подробности – в Приложении II):

- (а) Пострадавшие с признаками облучения, травмами и/или ожогами должны быть срочно транспортированы в специализированное медицинское учреждение после оказания соответствующей медицинской помощи на месте.
- (б) Пострадавшие без признаков облучения, но имеющие комбинированные травмы и/или ожоги, должны быть отправлены в специализированное медицинское учреждение, где будет проведено лечение в соответствии с типом патологии.
- (в) Пострадавшие с потенциальными симптомами облучения не требуют немедленного лечения, но у них необходимо срочно оценить уровень полученной дозы облучения.
- (г) Лица, не имеющие травм, но загрязненные или потенциально загрязненные требуют мониторинга для выявления загрязнения и оценки ее степени.
- (д) Лица, не имеющие травм и не подвергавшиеся облучению, должны быть отправлены домой. Иногда им требуется последующее медицинское наблюдение, чтобы убедиться в правильности первичной оценки и более точно определить полученную дозу.

Предпринимайте меры предосторожности, чтобы не способствовать распространению загрязнения:

- i. поднесите носилки к чистой стороне контрольной границы загрязнения и расстелите на них чистую простыню или одеяло;
- ii. положите пострадавшего на покрытые носилки и оберните его краями простыни или одеяла; "упакованному" таким образом пострадавшему проведите дозиметрический контроль. Не заворачивайте пострадавших в полиэтилен, поскольку это может привести к перегреванию;
- iii. если пострадавшие укрыты должным образом простынями или одеялами, нет необходимости выстилать изнутри машину скорой помощи, хотя полиэтилен на полу может быть не лишним.

Действие 5

Установите контакт с полицией, чтобы получить фамилии и адреса участников аварии для возможного последующего собеседования.

Действие 6

Сообщите в принимающую больницу сведения о характере травм, а также о фактическом или предполагаемом облучении или загрязнении радиоактивными материалами. Назовите радиоактивный материал, если он известен.

Действие 7

Проведите мониторинг загрязнения персонала и оборудования, пользуясь инструкциями, представленными в документе [6], или запросите помощь Специалиста-радиолога.

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Если медицинское состояние пострадавших не требует неотложной госпитализации, **НЕ ПОКИДАЙТЕ** место аварии, не пройдя индивидуальный мониторинг загрязнения. **НЕ ВЫНОСИТЕ** с места аварии никакого оборудования, не проверив его предварительно на возможное загрязнение.

Если вы должны немедленно покинуть место аварии, мониторинг загрязнения следует провести сразу, как только это окажется возможно.

ПРИМЕЧАНИЕ

При работе в опасных условиях (жара, огонь, дым и т.д.) может возникнуть необходимость медицинского обследования участников аварийного реагирования на их пригодность к работе (пульс, температура, артериальное давление и т.д.) до и после нахождения на месте аварии.

| | | |
|------------------------------------|--|--------------------|
| <i>Выполняется:</i> | ИНСТРУКЦИЯ В5 | |
| <i>Силами реагирования объекта</i> | НАЧАЛЬНОЕ РЕАГИРОВАНИЕ СИЛАМИ ОБЪЕКТА | <i>Стр. 1 из 3</i> |

Цель

Дать рекомендации по начальному реагированию в случае аварии на объекте и по координации действий с внешними силами аварийного реагирования.

Обсуждение

Авария часто бывает обнаружена пользователем и берется под контроль внутренней аварийной службой. Штат объекта нуждается в поддержке и сотрудничестве с внешними силами аварийного реагирования в тех случаях, когда:

- i. последствия аварии распространяются за пределы объекта; или
- ii. ресурсов объекта недостаточно, чтобы справиться с аварией; или
- iii. об аварии сообщил кто-то посторонний и задействовал внешние силы аварийного реагирования.

Вводные данные

- Ситуация на месте аварии

Результат

- Действия по начальному реагированию
- Запрос о помощи (если нужно)
- Поддержка внешних сил аварийного реагирования (если они есть)

Общий подход

Действие 1

Поднимите по тревоге Специалиста-радиолога (если он есть) и руководство объекта (Ответственного за аварийное реагирование).

Действие 2

Если персонал, вовлеченный в аварию, получил травмы, пользуйтесь стандартными методами оказания первой медицинской помощи (если есть соответствующие навыки). **НЕ ОТКЛАДЫВАЙТЕ ПРОВЕДЕНИЕ МЕРОПРИЯТИЙ ПО СПАСЕНИЮ ЖИЗНИ ЛЮДЕЙ ИЗ-ЗА НАЛИЧИЯ РАДИАЦИИ!** Удалите пострадавших из опасной зоны как можно быстрее.

Действие 3

Локализируйте и уменьшите опасность как можно быстрее.

- 3.1 Изолируйте и возьмите под охрану зону аварии (зона оцепления), обеспечьте безопасность людей и оборудования. Пользуясь Таблицей В1, определите примерное безопасное расстояние от источника. Если нужно, отключите систему вентиляции.

- 3.2 Если есть приборы радиационного контроля, начинайте проводить мониторинг зоны поражения. Установите периметр безопасности на расстоянии, соответствующем уровню радиации 100 мкЗв/час. Не входите в зону, если мощность дозы превышает 10 мкЗв/час, за исключением случаев, когда необходимо спасти жизнь людей и/или предотвращать катастрофические последствия аварии.
- 3.3 Эвакуируйте посторонних людей из зоны аварии.
- 3.4 Запишите фамилии и адреса всех лиц, вовлеченных в аварию.
- 3.5 Не оставляйте контролируруемую зону без надзора.

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Избегайте любых контактов с источником радиации или радиоактивным материалом. Не выносите из зоны поражения потенциально загрязненное оборудование или другие предметы без разрешения Специалиста-радиолога.

Действие 4

Если внутренние и/или внешние силы аварийного реагирования подняты по тревоге, оставайтесь на месте аварии до их прибытия. Доложите о случившемся прибывшему Руководителю аварийных работ на месте аварии. Кратко проинформируйте его о ситуации и предпринятых действиях. Предупредите его о возможных опасностях.

Действие 5

Если на объекте есть радиологическая служба и ресурсы, обеспечьте участников аварийного реагирования помощью, рекомендациями и средствами радиационной защиты.

Действие 6

Проведите мониторинг загрязнения персонала и оборудования, пользуясь инструкциями, представленными в документе [6], или запросите помощь Специалиста-радиолога.

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

НЕ ПОКИДАЙТЕ место аварии, не проведя индивидуальный мониторинг загрязнения. НЕ ВЫНОСИТЕ с места аварии никакого оборудования, не проверив его предварительно на возможное загрязнение.

Рентгеновские установки и ускорители**Действие 7**

Отключите электричество. Поднимите по тревоге Специалиста-радиолога объекта (если он есть) и руководство объекта (Ответственного за аварийное реагирование) в соответствии с существующим планом аварийного реагирования.

Действие 8

Проведите радиационный мониторинг, чтобы убедиться, что установка обесточена. Помните, что если в соединениях конструкции установки имеются зазоры, через них

может проходить ионизирующее излучение. Такую ситуацию может быть трудно идентифицировать.

Действие 9

Не перемещайте установку до тех пор, пока не будут зарегистрированы такие подробности ее состояния, как позиция, направление луча, параметры излучения.

Действие 10

Не пользуйтесь установкой до тех пор, пока она не будет проверена и отремонтирована квалифицированным экспертом или изготовителем. Повесьте на установку объявление о ее неисправности.

| | | |
|----------------------------|---|-------------|
| Выполняется: | ИНСТРУКЦИЯ В6 | |
| Членами групп реагирования | РУКОВОДСТВО ПО ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЕ | Стр. 1 из 2 |

Цель

Обеспечить аварийных работников базовыми инструкциями по индивидуальной защите.

Обсуждение

Аварийным работником считается любой член группы реагирования, включая управляющий персонал. Представлены рекомендации по трем аспектам индивидуальной защиты: общие инструкции, защита щитовидной железы и рекомендации по возвращению аварийных работников.

Вводные данные

- Указания Руководителя аварийных работ на месте аварии
- Ситуация на месте аварии

Результат



- Безопасное выполнение задач
- Отчет перед Руководителем аварийных работ на месте аварии

Общие инструкции

Действие 1

Всегда помните приведенные ниже общие инструкции:

| ОБЩИЕ ИНСТРУКЦИИ | |
|-------------------------|---|
| ☞ | ВСЕГДА помните об опасностях, с которыми вы можете столкнуться в полевых условиях, и предпринимайте необходимые меры предосторожности. |
| ☞ | НИКОГДА не пытайтесь начинать какие бы то ни было действия в полевых условиях без соответствующих средств защиты. Всегда помните, как ими пользоваться. |
| ☞ | Все мероприятия ДОЛЖНЫ проводиться таким образом, чтобы уровень облучения был как можно более низким. |
| ☞ | ПОМНИТЕ об уровне доз, рекомендуемых для возвращения. Пороговые дозы для возвращения аварийных работников должны служить только рекомендациями, но не пределами. При их практическом применении следует руководствоваться здравым смыслом. |
| ☞ | НЕ ЗАДЕРЖИВАЙТЕСЬ в зоне с мощностью дозы 1 мЗв/час и выше. |
| ☞ | БУДЬТЕ ОСТОРОЖНЫ при работе в зоне с мощностью дозы 10 мЗв/час . |
| ☞ | Вы НЕ ДОЛЖНЫ приступать к работе в зонах с мощностью дозы выше 100 мЗв/час без специального распоряжения Специалиста-радиолога. |
| ☞ | ИСПОЛЬЗУЙТЕ для самозащиты время, расстояние и экранирование. |
| ☞ | ПЛАНИРУЙТЕ ЗАРАНЕЕ совместно с вашим руководителем вход в зоны с высокой мощностью дозы. |

-  НЕ ПОДВЕРГАЙТЕ себя неоправданному риску. НЕ принимайте пищу, НЕ пейте и НЕ курите в любой загрязненной зоне.
-  В СОМНИТЕЛЬНЫХ СЛУЧАЯХ обращайтесь за советом к руководителю вашей группы или координатору.

Защита щитовидной железы

ПРИМЕЧАНИЕ

В некоторых случаях аварии могут сопровождаться выбросом радиоактивного йода. При этом максимальному риску подвергается щитовидная железа, что обосновывает необходимость приема таблеток стабильного йода для блокады поглощения радиоактивного йода.

Действие 2

Примите таблетку стабильного йода, если это было рекомендовано вашим полевым инспектором/руководителем (предполагается, что такие таблетки есть в вашем личном наборе).

Действие 3

Зарегистрируйте факт приема таблетки в вашей индивидуальной форме регистрации доз облучения (Карта Г1).

Рекомендации по возвращению аварийных работников

ПРИМЕЧАНИЕ

Рекомендации по возвращению аварийных работников (Таблица Г4) даны в виде суммарной дозы внешнего облучения по данным прямопоказывающего дозиметра. По этим значениям можно рассчитать ингаляционную дозу. Вы должны предпринимать все разумные усилия, чтобы не превышать эти величины; в то же время пороговые дозы, рекомендуемые для возвращения аварийных работников, служат только руководством, но не являются пределами.

Действие 4

Убедитесь, что вы полностью поняли задачи и инструкции по радиационной защите, которых следует придерживаться.

Действие 5

Предпринимайте все возможные усилия для того, чтобы не превышать дозы, рекомендуемые Руководителем аварийных работ на месте аварии для возвращения.

Действие 6

Отчитайтесь перед Руководителем аварийных работ на месте аварии о выполнении задач и проинформируйте его в деталях обо всех трудностях, с которыми вы столкнулись.

РАЗДЕЛ Г
РАДИАЦИОННОЕ РЕАГИРОВАНИЕ

***Предупреждение:** Инструкции в этом разделе должны быть адаптированы таким образом, чтобы соответствовать государственным и местным условиям, а также состоянию объекта и возможностям тех, кто будет ими пользоваться. Они должны быть также интегрированы в общую систему реагирования на обычные аварии.*

| | | |
|---|---|---------------------|
| Выполняется: Специалистом- радиологом | ИНСТРУКЦИЯ ГО | <i>Стр. 1 из 15</i> |
| | РУКОВОДСТВО РАДИАЦИОННЫМ РЕАГИРОВАНИЕМ | |

Цель

Предоставить рекомендации по оценке радиологической ситуации, по проведению адекватных защитных мероприятий, по изъятию источника и по проведению начальных операций по очистке территории.

Обсуждение

Специалист-радиолог, задействованный в реагировании на аварийную ситуацию, должен оценить степень радиационной опасности и риска, связанного с утерей или обнаружением источника радиации или радиоактивных материалов, а также оценить последствия аварии на объекте или на транспорте с вовлечением радиоактивных материалов. Специалиста-радиолога могут также вызвать для того, чтобы получить рекомендации по проведению адекватных защитных мероприятий, а также действий, необходимых для снижения степени опасности, включая изъятие источника и удаление радиоактивного материала.

Степень эффективности рекомендаций Специалиста-радиолога по радиационным аспектам ситуации, предоставленных Ответственному за аварийное реагирование, зависит главным образом от наличия точной и полноценной информации.

В настоящей инструкции охарактеризованы основные действия, которые следует выполнять после получения сообщения о потенциальной или реальной угрозе. Она поможет Специалисту-радиологу оценить радиологическую ситуацию, дать рекомендации по проведению адекватных защитных мероприятий, а также выполнить действия по изъятию источника.

Важное значение имеет регистрация данных (создание банка данных). Предпринимаемые действия должны быть соответствующим образом зарегистрированы, а соответствующие записи – сохранены. Эта информация позднее может быть использована в качестве учебного материала или судебных аргументов.

ПРИМЕЧАНИЕ

Пользуйтесь адаптированными инструкциями из *Руководства по мониторингу при ядерных и радиологических аварийных ситуациях* [6] для мониторинга источника / окружающей среды, персонала и оборудования.

Вводные данные

- Уведомление об аварии или аварийной ситуации (Карта А1)
- Краткая информация от Инициатора реагирования, Ответственного за аварийное реагирование или Руководителя аварийных работ на месте аварии
- Текущая обстановка / ситуация на месте аварии
- Определение действительной или потенциальной радиационной опасности

Результат

- Анализ опасности / риска
- Рекомендации по защитным мероприятиям для населения и аварийных работников
- Рекомендации для Ответственного за аварийное реагирование
- Разработка стратегии изъятия источника и начальной очистки территории

По уведомлении**Действие 1**

Получите краткую информацию о радиационной ситуации (текущие обстоятельства / состояние на месте аварии) от Инициатора реагирования, Ответственного за аварийное реагирование или Руководителя аварийных работ на месте аварии.

Действие 2

Используя *Форму регистрации аварий* (Карта А1) и показатели риска (Таблица Г5), проведите предварительную оценку радиационной ситуации на месте аварии.

Действие 3

Установите связь с Ответственным за аварийное реагирование и Руководителем аварийных работ на месте аварии. Дайте рекомендации Ответственному за аварийное реагирование или Руководителю аварийных работ на месте аварии (если нет связи с Ответственным за аварийное реагирование) по проведению начальных защитных мероприятий и действий по предупреждению возможного распространения загрязнения.

Действие 4

Подготовьте необходимые измерительные приборы и индивидуальные средства защиты в соответствии с природой предполагаемой опасности (см. Приложение III и Таблицу III1).

Действие 5

На основании результатов оценки радиационной ситуации примите решение о необходимых защитных мероприятиях, пользуясь таблицами Г3 и Г4.

Действие 6

Проинструктируйте группы реагирования по вопросам индивидуальной защиты. В последующем давайте новые инструкции (если в этом есть необходимость). Информируйте Ответственного за аварийное реагирование.

Действие 7

Установите контроль за облучением аварийных работников. Используйте форму *Регистрации контроля облучения* (Карта Г1) для каждого аварийного работника (включая себя).

ПРИМЕЧАНИЕ

В некоторых случаях аварийные работники могут быть сами вовлечены в аварию, например, специалист по промышленной радиографии, нашедший источник, который «заклинило» в положении облучения, может быть привлечен к восстановлению контроля над источником, поскольку он знаком с этим оборудованием. В таких случаях индивидуальный дозиметр, который он носил во время аварии, следует заменить на новый. Это позволит отдельно определить дозы, полученные во время аварии и во время изъятия источника.

Действие 8

Если есть необходимость, задействуйте группы радиационной оценки. Коротко проинформируйте их о текущей радиологической ситуации, защитных действиях аварийных работников и рекомендациях по возвращению. Тщательно объясните задачи, пользуясь Таблицей Г2 как руководством. Отправьте группы на место аварии.

Периодически поддерживайте с ними связь для обсуждения порядка очередности в проведении радиационной оценки.

На месте аварии**Действие 9**

По прибытии доложите Руководителю аварийных работ на месте аварии. Если вы прибыли первыми, примите на себя обязанности Руководителя аварийных работ на месте аварии до тех пор, пока вас не сменят. Следуйте инструкциям для Руководителя аварийных работ на месте аварии (Инструкция В1).

Действие 10

Подходите к месту аварии осторожно, с включенными приборами. Если нет подтверждения сохранности источника или упаковки, исходите из того, что загрязнение возможно, и проведите мониторинг, пользуясь соответствующим дозиметром.

Проведите дозиметрию по всему периметру. При выявлении загрязнения или мощности дозы внешнего облучения выше 10 мкЗв/час за пределами периметра безопасности рекомендуйте Руководителю аварийных работ на месте аварии изменить расположение периметра безопасности в соответствии с полученными данными.

Действие 11

На основании результатов измерений оцените радиационную опасность. Рассмотрите необходимость немедленных защитных мероприятий (например, эвакуации) для населения, пользуясь Таблицей Г1.

ТАБЛИЦА Г1. ДЕЙСТВУЮЩИЕ УРОВНИ ВМЕШАТЕЛЬСТВА (ДУВ) ПРИ РАДИОЛОГИЧЕСКИХ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЯХ, ОСНОВАННЫЕ НА ИЗМЕРЕНИИ МОЩНОСТИ АМБИЕНТНОЙ ДОЗЫ ОТ ГАММА-ИЗЛУЧАЮЩИХ РАДИОНУКЛИДОВ

| Основные условия облучения | ДУВ | Главные действия |
|---|--------------|---|
| Внешнее излучение от точечного источника | 100 мкЗв/час | Изолируйте зону Рекомендуйте эвакуацию из оцепленной зоны Контролируйте вход и выход |
| Внешнее облучение от загрязненной почвы на небольшой территории, если эвакуация не представляет большой проблемы | 100 мкЗв/час | Изолируйте зону Рекомендуйте эвакуацию из оцепленной зоны Контролируйте вход и выход |
| Внешнее облучение от загрязненной почвы на большой территории, или в случае, если эвакуация представляет проблему | 1 мЗв/час | Рекомендуйте эвакуацию или обеспечьте надежное укрытие |
| Внешнее облучение от содержащихся в воздухе неизвестных радионуклидов | 1 мкЗв/час | Изолируйте зону (если возможно) Рекомендуйте эвакуацию из оцепленной зоны или из подветренной зоны в случае, если пространство открыто |

Действие 12

Учредите пункт допуска и контроля загрязнения как можно ближе к периметру безопасности, с наветренной стороны, внутри периметра охраны (см. Рисунок В1), где мощность амбиентной дозы близка к фоновой. Контролируйте его работу. Если по какой-нибудь причине уровень радиации на пункте контроля загрязнения повышается до 10 мкЗв/час, переместите пункт контроля загрязнения в другое место с наветренной стороны в пределах периметра охраны, где уровень близок к фоновому или хотя бы достаточно низок для того, чтобы выявить загрязнение.

Попросите Руководителя аварийных работ на месте аварии увеличить периметр охраны, если необходимо расширить пространство.

Действие 13

Если есть необходимость, организуйте внутри периметра охраны территорию для дезактивации и сбора загрязненных предметов и одежды.

ПРИМЕЧАНИЕ

Загрязненные предметы должны быть промаркированы и зарегистрированы (см. Инструкцию Г2).

Действие 14

Если предполагается воздушное загрязнение, отберите пробы воздуха и исследуйте их, пользуясь соответствующими инструкциями [6].

Действие 15

Убедитесь, что средства защиты дыхательных путей применяются, если в этом есть необходимость. В случае воздушного загрязнения радиоактивным йодом примите решение относительно необходимости блокирования щитовидной железы стабильным йодом.

ПРИМЕЧАНИЕ

Для защиты от попадающего в дыхательные пути радиоактивного йода обычно бывает достаточно одной таблетки стабильного йода, которая обеспечивает адекватную защиту в течение 1 суток. Риск, связанный с приемом разовой дозы стабильного йода (100 мг йода), крайне невелик. В случае продолжительного выброса может быть показан повторный прием таблеток йода.

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Чтобы йодная профилактика была эффективной, таблетку следует принимать до поступления в организм радиоактивного йода или в течение ближайших нескольких часов (примерно 4 часа) после поступления. Прием стабильного йода через 8 часов после поступления неэффективен.

Прием аварийными работниками стабильного йода не отменяет необходимость защиты дыхательных путей (с помощью противогаза с угольным фильтром) при входе в зону с повышенным содержанием радиоактивного йода в воздухе.

Действие 16

Контролируйте проведение защитных мероприятий и уровень облучения. Пользуясь Таблицей Г2 как руководством, проводите радиационный мониторинг или руководите его проведением. Оцените повторно эффективность защитных мероприятий и действуйте соответственно.

Действие 17

Постоянно способствуйте обеспечению радиационной защиты участников аварийного реагирования, которые должны входить в опасную зону (внутри периметра безопасности), для этого:

- i. давайте рекомендации по возвращению аварийных работников;
- ii. давайте советы по необходимым средствам индивидуальной защиты;
- iii. поддерживайте службу скорой медицинской помощи средствами для транспортировки пострадавших, если в этом есть необходимость;
- iv. помогайте в организации дозиметрии и дезактивации.

Действие 18

Когда главный ход аварийных событий взят под контроль, источник локализован, и распространение загрязнения прекращено, рассмотрите, есть ли необходимость в следующих мероприятиях:

| Задачи: | Следуйте инструкции: |
|---|-----------------------------|
| Изъятие источника / удаление радиоактивного материала | Г1 |
| Дезактивация людей и оборудования | Г2 |
| Начальная очистка места аварии и удаление радиоактивных отходов | Г3 |

Действия после аварии**Действие 19**

Проведите оценку доз облучения пострадавших в аварии (если они есть), аварийных работников и посторонних лиц (если они есть), пользуясь инструкциями, представленными в разделе Д.

Действие 20

Оцените необходимость проведения долговременных защитных мероприятий.

Действие 21

Подготовьте отчет для Ответственного за аварийное реагирование. Сделайте акцент на полученных уроках и разработайте рекомендации по совершенствованию плана аварийного реагирования и других организационных вопросов (если это нужно).

ТАБЛИЦА Г2. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО МОНИТОРИНГУ

| Тип аварии | Мониторинг | Цель |
|--|---|--|
| Перемещенные, утерянные или украденные источники | 1. Мониторинг источника при перемещении пешком, разведка с помощью наземного транспорта или с воздуха | i. Определить местонахождение источника |
| Обнаруженный источник или загрязнение | 1. Мониторинг источника 2. Контроль загрязнения 3. Гамма-спектрометрия in-situ 4. Отбор проб и лабораторный анализ 5. Индивидуальный мониторинг | i. Установить периметр охраны и безопасности ii. Провести немедленные защитные мероприятия iii. Идентифицировать источник или загрязнение iv. Определить загрязненные зоны и/или объекты v. Контролировать индивидуальное облучение и загрязнение vi. Спланировать операции по изъятию источника и очистке территории |
| Неэкранируемый закрытый источник | 1. Мониторинг источника 2. Контроль загрязнения 3. Индивидуальный мониторинг | i. Установить периметр охраны и безопасности ii. Провести немедленные защитные мероприятия iii. Проверить потенциальное загрязнение поверхностей и предметов iv. Контролировать индивидуальное облучение v. Спланировать изъятие источника |
| Поврежденный закрытый источник | 1. Мониторинг источника 2. Контроль загрязнения 3. Индивидуальный мониторинг | i. Установить периметр охраны и безопасности ii. Провести немедленные защитные мероприятия iii. Определить загрязненные зоны и/или объекты iv. Контролировать индивидуальное облучение и загрязнение v. Спланировать операции по изъятию источника и очистке территории |
| Авария с незащищенным источником | 1. Отбор проб воздуха 2. Крупные альфа- и бета-частицы в воздухе 3. Мониторинг источника 4. Разведка загрязнения | i. Установить периметр охраны и безопасности ii. Провести немедленные защитные мероприятия iii. Определить загрязнение воздуха iv. Определить загрязненные территории и/или |

| | | |
|---|--|---|
| | <ul style="list-style-type: none"> 5.Измерение выпадений на почву 6.Отбор проб и лабораторный анализ 7.Индивидуальный мониторинг | <ul style="list-style-type: none"> объекты v. Контролировать индивидуальное облучение и загрязнение vi. Спланировать операции по изъятию источника и очистке территории |
| Дисперсия альфа-излучателей | <ul style="list-style-type: none"> 1.Мониторинг источника 2.Контроль загрязнения 3.Измерение выпадений на почву 4.Полевой отбор проб и радиохимический анализ 5.Индивидуальный мониторинг | <ul style="list-style-type: none"> i. Провести немедленные защитные мероприятия ii. Определить загрязнение воздуха iii. Определить загрязненные территории и/или объекты iv. Контролировать индивидуальное загрязнение v. Спланировать операции по изъятию источника и очистке территории vi. Спланировать действия после аварии (наблюдение) и долговременные защитные мероприятия |
| Возвращение спутника, работающего на ядерной энергии | <ul style="list-style-type: none"> 1.Разведка источника с воздуха 2.Мониторинг загрязнения с воздуха 3.Мониторинг источника 4.Разведка загрязнения 5.Полевой отбор проб и лабораторный анализ 6.Индивидуальный мониторинг | <ul style="list-style-type: none"> i. Определить местонахождение обломков ii. Провести срочные защитные мероприятия iii. Выявить загрязненные территории и/или объекты iv. Контролировать индивидуальное загрязнение v. Спланировать операции по изъятию источника и очистке территории vi. Спланировать действия после аварии (наблюдение) и долговременные защитные мероприятия |
| Радиационная опасность из-за границы (трансграничное поражение) | <ul style="list-style-type: none"> 1.Разведка облака 2.Измерение выпадений на почву 3.Гамма-спектрометрия in-situ 4.Отбор проб и лабораторный анализ 5.Дозиметрия окружающей среды 6.Мониторинг загрязнения с воздуха 7.Индивидуальный мониторинг | <ul style="list-style-type: none"> i. Провести защитные мероприятия ii. Определить загрязнение почвы iii. Идентифицировать смесь изотопов iv. Определить загрязнение продуктов и питьевой воды v. Оценить дозы облучения населения vi. Спланировать методы наблюдения и долговременные защитные мероприятия |

ПРИМЕЧАНИЕ: Пользуйтесь инструкциями по мониторингу, представленными в документе [6].

ТАБЛИЦА Г3 РЕКОМЕНДАЦИИ МАГАТЭ ПО ОБЩЕЙ ЭФФЕКТИВНОЙ ДОЗЕ ОБЛУЧЕНИЯ АВАРИЙНЫХ РАБОТНИКОВ

| Задачи | Общая эффективная доза (рекомендации) [мЗв] |
|--|---|
| Вид 1: Действия по спасению жизни | < 500 ^a |
| Вид 2: Предотвращение тяжелых поражений Предотвращение высоких коллективных доз Предотвращение развития катастрофических последствий | < 100 |
| Вид 3: Краткосрочные операции по изъятию источника Проведение срочных защитных мероприятий Мониторинг и отбор проб | < 50 |
| Вид 4: Долговременные восстановительные операции Работа, не связанная непосредственно с аварией | Пределы профессионального облучения [2] |

Ссылка: [2].

- а Эта доза может быть превышена, если это оправдано, **ОДНАКО** следует предпринимать все усилия для удержания дозы ниже этого уровня и, конечно, ниже порога для детерминированных эффектов. Работники должны быть обучены мерам радиационной защиты и должны понимать, с каким риском они сталкиваются. Они должны работать добровольно и должны быть проинструктированы о потенциальных опасностях облучения.

ТАБЛИЦА Г4. ПОРОГОВЫЕ ДОЗЫ, РЕКОМЕНДУЕМЫЕ (ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПО УМОЛЧАНИЮ) ДЛЯ ВОЗВРАЩЕНИЯ ИЗ ЗОНЫ АВАРИЙНЫХ РАБОТНИКОВ (EWG), ПРИ НАЛИЧИИ ОПАСНОСТИ ИНГАЛЯЦИИ РАДИОАКТИВНОГО ЙОДА – ВЫРАЖЕНЫ В ЕДИНИЦАХ ИНТЕГРИРОВАННОЙ ДОЗЫ ВНЕШНЕГО ГАММА-ОБЛУЧЕНИЯ

| ЗАДАЧИ | EWG ^a [мЗв] |
|---|---|
| Вид 1: Действия по спасению жизни | 250 |
| Вид 2: Предотвращение тяжелых поражений Предотвращение высоких коллективных доз Предотвращение развития катастрофических последствий Мониторинг мощности амбиентной дозы за пределами площадки (мощность дозы гамма-излучения) | 50 |
| Вид 3: Краткосрочные восстановительные операции Проведение срочных защитных мероприятий Отбор проб окружающей среды | 25 |
| Тип 4: Долговременные работы по изъятию источника Работа, не связанная непосредственно с аварией | Пределы профессионального облучения [2] |

Ссылка: [4].

- а Предполагается, что блокирование щитовидной железы проведено перед облучением. Если блокирование щитовидной железы не проводилось, разделите показатель EWG на 5, если обеспечена защита дыхательных путей, умножьте показатель EWG на 2.

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Пороговые дозы, рекомендуемые для возвращения аварийных работников, даны в виде накопленной дозы внешнего облучения по данным прямопоказывающего дозиметра. Значения рассчитаны с учетом ингаляционной дозы, полученной при аварии с расплавлением активной зоны реактора, предполагая, что проведено предварительное блокирование щитовидной железы. Аварийные работники должны предпринимать все возможные усилия, чтобы не превышать эти величины. Помните, что загрязнение кожи тоже может служить значимым источником облучения и может привести к развитию детерминированных медицинских эффектов у работников, работающих в зонах с высоким уровнем загрязнения без соответствующей защитной одежды.

Дозы для возвращения аварийных работников должны использоваться только как рекомендации, но не как пределы. Их применение должно быть обоснованным. Если результаты анализа проб воздуха или других обстоятельств привели к получению значений доз, рекомендуемых для возвращения аварийных работников, которые значительно отличаются от приведенных в Таблице Г4, следует пользоваться отредактированными показателями.

Как только закончилась ранняя стадия аварии, необходимо подтвердить общую дозу (полученную на протяжении ранней стадии аварии), прежде чем аварийному работнику будет разрешено выполнять другие действия, которые могут привести к получению дополнительной дозы.

ТАБЛИЦА Г5. ПОКАЗАТЕЛИ РИСКА ПРИ РАЗНЫХ ВИДАХ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

| Деятельность или применение | Радионуклид | Энергия распада [кэВ] период полураспада | Типичная активность | Мощность дозы на расстоянии 1 м ^{а,б,с} [мЗв/час] | Время для превышения 1мЗв на расстоянии 1м ^{а,б,с} |
|---|-------------|--|---------------------|--|---|
| Закрытые источники, применяемые в медицине | | | | | |
| Денситометрия костей | Am-241 | γ (60) α (5486) T _{1/2} = 433 года | 1-10 ГБк | 3.E-02 | 30 час |
| | Gd-153 | γ (97) T _{1/2} = 242 дня | 1-40 ГБк | 4.E-01 | 2 час |
| | I-125 | γ (35) е (34) T _{1/2} = 59 дней | 1-10 ГБк | 6.E-02 | 20 час |
| Мануальная брахитерапия | Cs-137 | γ (662) β (max: 512) е (624) T _{1/2} = 30 лет | 50-500 МБк | 3.E-02 | 30 час |
| | Ra-226 | γ (186) α (4784) T _{1/2} = 1600 лет | 30-300 МБк | 2.E-04 | 200 дней |
| | Co-60 | γ (1173; 1333) β (max: 318) T _{1/2} = 5.3 года | 50-500 МБк | 1.E-01 | 8 час |
| | Sr-90 | β (max: 196) T _{1/2} = 29 лет | 50-1500 МБк | 0 | N/A |
| | Pd-103 | X (20) T _{1/2} = 17 дней | 50-1500 МБк | 0 | N/A |
| | I-125 | γ (35) е (34) T _{1/2} = 59 дней | 50-1500 МБк | 9.E-03 | 5 дней |
| | Ir-192 | γ (317) β (max: 675) е (303) T _{1/2} = 74 дня | 200-1500 МБк | 1.E-01 | 8 час |
| | Cf-252 | α (6118) X (15) T _{1/2} = 2.6 года | 50-1500 кБк | 3.E-07 | 400 лет |
| Дистанционная брахитерапия | Co-60 | γ (1173; 1333) β (max: 318) T _{1/2} = 5.3 года | ≈ 10 ГБк | 3.E+00 | 20 мин |
| | Cs-137 | γ (662) β (max: 512) е (624) T _{1/2} = 30 лет | 0.03-10 МБк | 6.E-04 | 70 дней |
| | Ir-192 | γ (317) β (max: 675) е (303) T _{1/2} = 74 дней | ≈ 400 ГБк | 3.E+01 | 2 мин |
| Телетерапия | Co-60 | γ (1173; 1333) β (max: 318) T _{1/2} = 5.3 года | 50-1000 ТБк | 3.E+05 | < 1 сек |

| | | | | | |
|---|------------|--|------------|--------|---------|
| | Cs-137 | γ (662) β (max: 512) e (624) $T_{1/2} = 30$ лет | 500 ТБк | 3.E+04 | < 1 сек |
| Облучение цельной крови | Cs-137 | γ (662) β (max: 512) e (624) $T_{1/2} = 30$ лет | 2-100 ТБк | 6.E+03 | < 1 сек |
| Закрытые источники, применяемые в промышленности | | | | | |
| Промышленная радиография | Ir-192 | γ (317) β (max: 675) e (303) $T_{1/2} = 74$ дня | 0.1-5 ТБк | 4.E+02 | 9 сек |
| | Co-60 | γ (1173; 1333) β (max: 318) $T_{1/2} = 5.3$ года | 0.1-5 ТБк | 1.E+03 | 3 сек |
| | (Cs-137) | γ (662) β (max: 512) e (624) $T_{1/2} = 30$ лет | | | |
| | (Tm-170) | γ (84) β (max: 968) $T_{1/2} = 129$ дней | | | |
| Каротаж скважины | Cs-137 | γ (662) β (max: 512) e (624) $T_{1/2} = 30$ лет | 1-100 ГБк | 6.E+00 | 10 сек |
| | Am-241/Be | γ (60) α (5486) нейтроны $T_{1/2} = 432.2$ года | 1-800 ГБк | 2.E+00 | 20 сек |
| | (Cf-252) | α (6118) X (15) $T_{1/2} = 2.6$ года | | | |
| Детекторы дыма | Am-241 | γ (60) α (5486) $T_{1/2} = 432.2$ года | 0.02-3 МБк | 9.E-06 | 10 лет |
| | Ra-226 | γ (186) α (4784) $T_{1/2} = 1600$ лет | | | |
| | (Pu-239) | α (5157) γ (52) $T_{1/2} = 24000$ лет | | | |
| Молниеотводы | Am-241 | γ (60) α (5486) $T_{1/2} = 432.2$ года | 50-500 МБк | 2.E-03 | 30 дней |
| | (Ra-226) | γ (186) α (4784) $T_{1/2} = 1600$ лет | < 40 МБк | 2.E-05 | 5 лет |
| | Co-60 | γ (1173; 1333) β (max: 318) $T_{1/2} = 5.3$ года | 4 - 8 ГБк | 2.E+00 | 30 мин |
| | Eu-152/154 | γ (1408/1274) $T_{1/2} = 13.5/8.6$ года | 7 – 40 ГБк | 5.E+00 | 10 мин |

| | | | | | |
|---|-------------|---|---------------|--------|---------|
| Детекторы влажности/ плотности | Am-241/Be | γ (60) α (5486) нейтроны $T_{1/2} = 432.2$ года | 0.1-2 ГБк | 6.E-03 | 7 дней |
| | Cs-137 | γ (662) β (max: 512) e (624) $T_{1/2} = 30$ лет | 400 МБк | 2.E-02 | 2 дня |
| | (Cf-252) | α (6118) X (15) $T_{1/2} = 2.6$ года | 3ГБк | 6.E-04 | 70 дней |
| | (Ra-226/Be) | γ (60) α (5486) нейтроны $T_{1/2} = 432.2$ года | | | |
| | Pu-239 | α (5157) γ (52) $T_{1/2} = 24000$ лет | | | |
| Элиминаторы статического электричества | Am-241 | γ (60) α (5486) $T_{1/2} = 432.2$ года | 1-4 ГБк | 1.E-02 | 3 дня |
| | Po-210 | α (5304) $T_{1/2} = 138$ дней | 1-4 ГБк | 4.E-06 | 30 лет |
| | (Ra-226) | γ (186) α (4784) $T_{1/2} = 1600$ лет | | | |
| | Co-60 | γ (1173; 1333) β (max: 318) $T_{1/2} = 5.3$ лет | | | |
| Детектор поглощения электронов | Ni-63 | β (max: 67) $T_{1/2} = 100$ лет | 200-500 МБк | 0 | |
| | H-3 | $T_{1/2} = 12$ лет | 1-10 ГБк | 0 | |
| Рентгеновский флюоресцентный анализатор | Fe-55 | X (6) $T_{1/2} = 2.7$ | 0.1 - 5 ГБк | 2.E-03 | 30 дней |
| | Cd-109 | γ (88) $T_{1/2} = 463$ дней | 1 - 8 ГБк | 1.E+00 | 50 мин |
| | (Pu-238) | α (5499) γ (84) $T_{1/2} = 88$ лет | | | |
| | (Am-241) | γ (60) α (5486) $T_{1/2} = 432.2$ года | | | |
| | (Co-57) | γ (122) $T_{1/2} = 272$ дня | | | |
| Стерилизация и консервация продуктов | Co-60 | γ (1173; 1333) β (max: 318) $T_{1/2} = 5.3$ года | 0.1 - 400 ПБк | 1.E+08 | < 1 сек |
| | Cs-137 | γ (662) β (max: 512) e (624) $T_{1/2} = 30$ лет | 0.1 - 400 ПБк | 2.E+07 | < 1 сек |

| | | | | | |
|--|---------------|--|-------------|--------|---------|
| Калибровочные устройства | Co-60 | γ (1173; 1333) β (max: 318) $T_{1/2} = 5.3$ лет | 1 - 100 ТБк | 3.E+04 | < 1 сек |
| | Cs-137 | γ (662) β (max: 512) e (624) $T_{1/2} = 30$ лет | 1 - 100 ТБк | | < 1 сек |
| Датчик уровня | Cs-137 | γ (662) β (max: 512) e (624) $T_{1/2} = 30$ лет | 0.1-20 ГБк | 1.E+00 | 50 мин |
| | Co-60 | γ (1173; 1333) β (max: 318) $T_{1/2} = 5.3$ года | 0.1-10 ГБк | 3.E+00 | 20 мин |
| | (Am-241) | γ (60) α (5486) $T_{1/2} = 432.2$ года | 4 ГБк | 1.E-02 | 3 дня |
| Датчик толщины | Cs-137 | γ (662) β (max: 512) e (624) $T_{1/2} = 30$ лет | 1 ТБк | 6.E+01 | 1 мин |
| | Kr-85 | β (max: 687) $T_{1/2} = 10.8$ года | 0.1-50 ГБк | 1.E-02 | 4 дня |
| | Sr-90 | β (max: 546) $T_{1/2} = 29$ лет | 0.1-4 ГБк | 0 | |
| | (Pm-147) | β (max: 225) $T_{1/2} = 2.6$ года | 40 ГБк | 1.E-05 | 10 лет |
| | Tl-204 | γ (69) β (max: 763) $T_{1/2} = 3.8$ года | 40 ГБк | 4.E-03 | 10 дней |
| | (C-14) | β (max: 156) $T_{1/2} = 5730$ лет | | | |
| | (Am-241) | γ (60) α (5486) $T_{1/2} = 432.2$ года | | | |
| Датчик плотности | Cs-137 | γ (662) β (max: 512) e (624) $T_{1/2} = 30$ лет | 1-20 ГБк | 1.E+00 | 50 мин |
| | Am-241 | γ (60) α (5486) $T_{1/2} = 432.2$ года | 1-10 ГБк | 3.E-02 | 1 день |
| Конвейерный датчик | Cs-137 | γ (662) β (max.: 512) e (624) $T_{1/2} = 30$ лет | 0.1-40 ГБк | 2.E+00 | 20 мин |
| Закрытые источники, применяемые в научных исследованиях | | | | | |
| Калибровочные источники | Разнообразные | | < 0.1 ГБк | | |
| Детектор поглощения электронов | H-3 | $T_{1/2} = 12$ лет | 1-50 ГБк | | |
| | Ni-63 | β (max: 67) $T_{1/2} = 100$ лет | 200-500 МБк | | |
| Облучающие установки | Co-60 | γ (1173; 1333) β (max: 318) $T_{1/2} = 5.3$ года | 1-1000 ТБк | 3.E+05 | < 1 сек |

| | | | | | |
|-----------------------------|-------------|---|-----------|--------|---------|
| | (Cs-137) | γ (662) β (max: 512) e (624) $T_{1/2} = 30$ лет | | | < 1 сек |
| Калибровочные устройства | Cs-137 | γ (662) β (max: 512) e (624) | < 100 ТБк | 6.E+03 | < 1 сек |
| | Co-60 | γ (1173; 1333) β (max: 318) $T_{1/2} = 5.3$ года | < 100 ТБк | 3.E+04 | < 1 сек |
| | Cf-252 | α (6118) X (15) $T_{1/2} = 2.6$ года | < 10 ГБк | 2.E-03 | 20 дней |
| | (Am-241/Be) | γ (60) α (5486) нейтроны $T_{1/2} = 432.2$ года | | | |
| | (Pu-238/Be) | α (5499) γ (84) нейтроны $T_{1/2} = 88$ лет | | | |
| | (Ra-226/Be) | γ (186) α (4784) нейтроны $T_{1/2} = 1600$ лет | | | |
| Тритиевые мишени | H-3 | $T_{1/2} = 12$ лет | 1-10 ТБк | | |

Ссылки: данные получены из разных источников.

- ^a Значения мощности дозы гамма-излучения рассчитывались с применением наиболее высоких значений активности и коэффициента перехода CF_6 , приведенного в Таблице Д1, а также исходя из предположения о полном отсутствии экранирования. Рассчитанные величины округлялись до целых значений.
- ^b Тормозное излучение не принималось в расчет.
- ^c Время рассчитывалось, исходя из данных, приведенных в столбце «мощность дозы» (предполагая полное отсутствие экранирования).

Физические и химические особенности источника могут быть важным фактором, определяющим характер дисперсии радиоактивного материала при нарушении целостности источника.

ТАБЛИЦА Г6. ОСНОВНЫЕ РАДИОНУКЛИДЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В РАДИАЦИОННОЙ МЕДИЦИНЕ И БИОЛОГИЧЕСКИХ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

| Радионуклид | Практика | Типичное количество на 1 применение | Характер отходов |
|-------------|---|-------------------------------------|---|
| H-3 | Клинические исследования Биологические исследования Маркировка на месте | до 5 МБк до 50 ГБк | Твердые, жидкие, органические Органические Растворители |
| C-14 | Медицина Биологические исследования Маркировка | менее 1 ГБк до 10 МБк | Твердые, жидкие Растворители Выдыхаемый CO ₂ |
| F-18 | Эмиссия позитронов Томография | до 500 МБк | Твердые, жидкие |
| Na-22 | Клинические исследования | до 50 кБк | Жидкие стоки |

| Радионуклид | Практика | Типичное количество на 1 применение | Характер отходов |
|-------------|--|--------------------------------------|---|
| Na-24 | Биологические исследования | до 5 ГБк | |
| P-32 | Терапия | до 200 МБк | Твердые, жидкие стоки |
| P-33 | Биологические исследования | до 50 МБк | |
| S-35 | Клинические исследования Медицинские и биологические исследования | до 5 ГБк | Твердые, жидкие стоки |
| Cl-36 | Биологические исследования | до 5 МБк | Газообразные, твердые, жидкие |
| Ca-45 | Биологические исследования | до 100 МБк | Главным образом твердые |
| Ca-47 | Клинические исследования | до 1 ГБк | Немного жидких |
| Sc-46 | Медицинские и биологические исследования | до 500 МБк | Твердые, жидкие |
| Cr-51 | Клинические исследования Биологические исследования | до 5 МБк до 100 кБк | Твердые Главным образом жидкие стоки |
| Co-57 | Клинические исследования | до 50 кБк | Твердые, жидкие стоки |
| Co-58 | Биологические исследования | - | |
| Fe-59 | Клинические исследования Биологические исследования | до 50 МБк | Твердые Главным образом жидкие стоки |
| Ga-67 | Клинические исследования | до 200 МБк | Твердые, жидкие стоки |
| Kr-81m | Исследование вентиляции легких | до 2 ГБк | Газообразные |
| Sr-85 | Клинические исследования Биологические исследования | до 50 МБк | Твердые, жидкие |
| Rb-86 | Медицинские и биологические исследования | до 500 МБк | Твердые, жидкие |
| Sr-89 | Терапия | до 300 МБк | Твердые, жидкие |
| Y-90 | Терапия и измерения Медицинские и биологические исследования | до 300 МБк | Твердые, органические, жидкие |
| Nb-95 | Медицинские и биологические исследования | до 500 МБк | Твердые, жидкие |
| Tc-99m | Клинические исследования Биологические исследования Генератор нуклидов | до 1 ГБк | Твердые, жидкие |
| In-111 | Клинические исследования Биологические исследования | до 500 МБк | Твердые, жидкие |
| I-123 | Медицинские и биологические исследования | до 500 МБк | Твердые, жидкие |
| I-135 | биологические исследования | до 500 МБк | Иногда парообразные |
| I-131 | Клинические исследования Терапия | до 500 МБк до 10 ГБк до 50 МБк | |
| Sn-113 | Медицинские и биологические исследования | до 500 МБк | Твердые, жидкие |
| Xe-133 | Клинические исследования | до 400 МБк | Газообразные |
| Sm-153 | Терапия | до 8 ГБк | Твердые, жидкие |
| Au-198 | Клинические исследования | до 500 МБк | Твердые, жидкие |
| Tl-201 | Клинические исследования | 200 МБк | Твердые, жидкие |
| Hg-197 | Клинические исследования | до 50 МБк | Твердые, жидкие |
| Hg-203 | Биологические исследования | | |

Ссылки: использованы данные из разных источников.

| | | |
|--|--|--------------------|
| <i>Выполняется:</i> <i>Специалистом- радиологом</i> | ИНСТРУКЦИЯ Г1 | <i>Стр. 1 из 4</i> |
| | ИЗЪЯТИЕ ИСТОЧНИКА / УДАЛЕНИЕ РАДИОАКТИВНОГО МАТЕРИАЛА | |

Цель

Дать общие рекомендации по основным действиям, необходимым для инициации изъятия источника или удаления радиоактивного материала там, где это осуществимо.

Обсуждение

При проведении операции по восстановлению контроля над источником или ослаблению последствий радиологической аварии следует учитывать многие факторы.

Для восстановления контроля над закрытым источником может потребоваться только аккуратное обращение во избежание облучения и подходящая упаковка. В то же время, для восстановления контроля над твердым, но рассыпанным или неэкранированным радиоактивным материалом может потребоваться привлечение значительных ресурсов и продолжительное время. Это необходимо для предотвращения неоправданного облучения.

Радиоактивный материал в виде химического вещества, например, жидкого или порошкообразного, невозможно изъять просто и быстро без угрозы распространения загрязнения. В таких случаях там, где материал в результате аварии смешался с почвой, водой или мусором, желательно отсрочить рассмотрение вопроса об изъятии, дезактивации и удалении до проведения тщательного анализа ситуации.

Природа аварии, физические размеры и уровень активности источника, а также адекватность имеющихся ресурсов – это ключевые факторы, которые должны определять масштабы мероприятий и осуществимость действий по изъятию источника. Если присутствует элемент контрабанды, то радиоактивный материал может рассматриваться как вещественное доказательство для будущего судебного разбирательства, поскольку при таких обстоятельствах он может иметь непосредственное отношение к криминальной деятельности, связанной с аварией. Окончательное удаление радиоактивного материала может быть отложено до завершения судебного процесса или криминального расследования; а для того, чтобы, в конце концов, провести уничтожение материала, может потребоваться распоряжение суда.

Вводные данные

- Характеристика места аварии
- Идентификация и количественная оценка вовлеченного радиоактивного материала

Результат

- Определение мер безопасности
- Составление перечня необходимых ресурсов
- Предписанные действия по изъятию источника

Действие 1

Прежде чем определить, какие действия оказываются возможным выполнить по изъятию источника или удалению радиоактивно загрязненных материалов, убедитесь, что все необходимые защитные мероприятия были проведены, и место нахождения источника стабилизировано и находится под охраной.

Действие 2

- 2.1 Пересмотрите всю доступную информацию по идентификации, количественной оценке и физическим свойствам вовлеченного радиоактивного материала.
- 2.2 Подтвердите физическое состояние радиоактивного материала (закрытый источник, жидкость или твердое вещество в закрытом контейнере, материалы в поврежденном или продырявленном контейнере, пролитые материалы, которые, возможно, смешались с другими опасными веществами или с материалом окружающей среды).
- 2.3 Для экранированных (закрытых) источников определите, подходят ли доступные местные ресурсы для обеспечения безопасного изъятия источника и упаковки источника с последующим удалением с места аварии.

ПРИМЕЧАНИЕ

В ситуациях с твердым радиоактивным материалом, не имеющим упаковки и экранирования, следует определить, подходят ли имеющиеся ресурсы и экспертиза для того, чтобы безопасно удалить материал. Осуществимость этих действий зависит также от количества радиоактивного или загрязненного материала, типа оборудования, необходимого для его удаления, средств для его упаковки и транспортировки, а также от предварительного определения места его временного или постоянного хранения.

Часто при транспортных авариях работа с радиоактивным материалом может осложняться наличием других опасных материалов, например, химических или биологических, попавших в зону в результате аварии. Примером может служить разлитое дизельное топливо или бензин.

Важно помнить, что усилия по удалению рассыпанного или неэкранированного радиоактивного материала могут привести к его распространению и повышению риска облучения или загрязнения аварийных работников.

Действие 3

Определите, является ли необходимым или желательным немедленное удаление источника или радиоактивного материала. Любое решение о начале мероприятий по ослаблению последствий аварии должно быть взвешено с учетом их эффективности при имеющихся в наличии ресурсах.

- 3.1 В ситуациях, когда контейнер радиоактивного источника остается интактным, определите размер, форму и вес контейнера, чтобы решить, какие ресурсы будут наиболее эффективными для удаления его с места аварии.
- 3.2 В ситуациях, когда контейнер поврежден или разбит, оцените количество материала, которое следует удалить, включая загрязненные обломки, для того, чтобы убедиться, что радиационная опасность ослаблена до минимально

возможного уровня, и территория больше не представляет радиационной опасности.

ПРИМЕЧАНИЕ

Если авария произошла в многолюдном месте, возле шоссе с напряженным движением или представляет серьезное препятствие для торговли, усилия по быстрому прекращению опасности могут поощряться местными властями. В отдаленных регионах, где доступ к месту аварии легко контролируется, обычно редко кто-то оказывает давление по поводу немедленной очистки места аварии.

Действие 4

Проверьте назначенное место или хранилище, куда материал источника следует отправить для постоянного или длительного хранения после его удаления с места аварии. Убедитесь, что в этом месте будет обеспечена сохранность материала.

Действие 5

Если удаление источника радиации считается желательным, определите необходимый тип оборудования, а также другие ресурсы, например, перчатки, погрузчики, грузовые автомобили, емкости и т.д.

- 5.1 Определите допустимые мощности доз для аварийных работников, привлеченных к операциям по удалению источника.
- 5.2 Проверьте, имеется ли в наличии соответствующее опасности защитное оборудование для персонала.
- 5.3 Убедитесь в наличии подходящих контейнеров, средств для экранирования и т.д., предназначенных для упаковки и транспортировки радиоактивных материалов.
- 5.4 Убедитесь, что удаленный с места аварии материал помещен для хранения в хорошо подготовленное и охраняемое место.

Действие 6

Оцените, можно ли с помощью имеющихся ресурсов безопасно осуществить изъятие закрытых радиоактивных материалов (закрытые источники или отходы в неповрежденных контейнерах). Спросите руководство на месте аварии, какие типы оборудования легко доступны для проведения необходимых действий, например, ручные инструменты, тяжелое оборудование, экранирующие материалы, наружная упаковка для цистерн и т.д.

ПРИМЕЧАНИЕ

При авариях со смешанной опасностью (кроме радиоактивного источника, присутствуют другие токсические материалы) или в тех случаях, когда радиоактивный материал был разлит на землю и смешался с обломками или землей, в процессе удаления источника и очистки территории может возникнуть необходимость в перемещении большого количества потенциально загрязненных материалов. Осторожное использование и контроль за тяжелым оборудованием поможет свести к минимуму ресуспендирование или распространение загрязнения.

Процесс смягчения последствий аварии зависит в значительной степени от характера места, где находится материал, и от окружающей территории. Существуют альтернативные варианты:

- i. Удалите материалы источника и попытайтесь провести дезактивацию зоны. Такой подход осуществим, когда авария вовлекает небольшое количество радиоактивного материала с низкой активностью, и когда место аварии легко доступно для населения. Пример: пролитые радиофармацевтические препараты в здании или вдоль дороги в зоне застройки.
- ii. Удалите основную массу загрязняющего материала и закройте место аварии, оставляя оставшуюся его часть для распада на месте. Такой метод хорошо работает, когда радионуклиды с коротким или средним периодом полураспада обнаружены в месте, обычно не посещаемом людьми. Пример: авиакатастрофа или транспортная авария на отдаленных территориях.
- iii. Удалите основное количество загрязняющего материала, чтобы уровень активности в этой зоне был близок к фоновому. Это требуется во всех ситуациях, когда радиоактивный материал попал в окружающую среду или в любую населенную местность. Пример: любая авария, в которой были разлиты жидкие радиоактивные материалы или рассыпаны твердые материалы, которые могут проникать в землю или в почвенные воды или ресуспендироваться в результате воздействия последующих погодных условий.

Действие 7

Разработайте поэтапную инструкцию для начала выполнения операций по очистке территории и проинструктируйте аварийных работников относительно необходимого протокола, в соответствии с которым следует обращаться с радиоактивными веществами, включая правильное использование защитной одежды и респираторов, дозиметрию, а также продолжительность пребывания на месте аварии во время каждого этапа операции.

Действие 8

Убедитесь, что средства для радиационного мониторинга находятся на месте аварии и готовы для проведения контроля контейнеров источника или загрязненных материалов в процессе их удаления с места их нахождения, упаковки и погрузки на транспорт до того, как они будут увезены с места аварии. Регистрируйте всю информацию по мере ее поступления.

Действие 9

Убедитесь, что все упаковки, содержащие радиоактивные материалы, промаркированы правильно с указанием характера содержимого и уровня активности, и что разработана погрузочная декларация с ясной идентификацией каждой упаковки, включая показатели излучения с поверхности, снятые после погрузки и герметизации контейнеров.

Действие 10

Сразу после вывоза контейнеров или загрязненных материалов проведите еще раз радиационный мониторинг зоны, чтобы убедиться, что ни на одном участке зоны не осталось уровня излучения выше предписанных критериев очистки.

ПРИМЕЧАНИЕ

Государственные компетентные органы должны разработать критерии очистки [2] как часть системы готовности к аварийному реагированию. Руководство по этим уровням приведено в изданиях [12, 13, 14].

| | | |
|--------------------------------|--|--------------------|
| <i>Выполняется:</i> | ИНСТРУКЦИЯ Г2 | |
| <i>Специалистом-радиологом</i> | ДЕЗАКТИВАЦИЯ ЛЮДЕЙ И ОБОРУДОВАНИЯ | <i>Стр. 1 из 7</i> |

Цель

Предоставить рекомендации по простым методам дезактивации персонала, оборудования и транспортных средств.

Обсуждение

Во время реагирования на аварию с выбросом радиоактивного материала в окружающую среду может происходить загрязнение участников реагирования, других лиц, присутствующих на месте аварии, а также транспортных средств и оборудования. В таких случаях следует провести базовую дезактивацию персонала и оборудования на месте аварии, что особенно важно для пожарной службы, полиции, медицинских работников и представителей других служб, которые должны вернуться к своим обычным обязанностям сразу после окончания работы в зоне радиационной аварии. Аварии с закрытыми, твердыми и неповрежденными источниками радиации обычно не представляют опасности загрязнения.

Дезактивация на месте аварии в тех случаях, когда это нужно, решает несколько задач: она уменьшает вероятность продолжающегося облучения человека от загрязненных материалов; ограничивает возможность распространения загрязнения за пределы места аварии; обеспечивает возможность повторного использования оборудования для реагирования в последующих авариях. Применяемые технологии не отличаются от тех, которые разработаны для аварий с другими типами опасных материалов (например, химическими или токсическими веществами).

При общности подхода к дезактивации важно обратить внимание на различия между методами, применяемыми для дезактивации людей, и методами, применяемыми для дезактивации оборудования и других предметов. Важно порекомендовать всем аварийным работникам и каждому, кто может оказаться в контакте с радиоактивным материалом на месте аварии, пройти мониторинг загрязнения. Следует порекомендовать также, даже если загрязнение не обнаружено, помыться под душем как можно быстрее и тщательно перестирать всю одежду.

Каждый, кто входит в зону в пределах установленного периметра безопасности, должен проходить мониторинг загрязнения. Точно так же и любое оборудование, инструменты или другие предметы, которые вносятся внутрь периметра безопасности для применения при реагировании, должны проверяться на загрязнение.

Следует стараться придерживаться правила, согласно которому, выявляемый уровень загрязнения, превышающий фон **более чем** в два раза, свидетельствует о загрязнении. "Простая дезактивация" предполагает использование воды для смывания загрязнения с кожи и непористых материалов. "Конфискация" предполагает изъятие и изоляцию предметов, загрязнение которых превышает действующие уровни вмешательства (предел загрязнения) и представляет потенциальную опасность, при этом дезактивацию данных предметов на месте аварии с помощью доступных ресурсов провести невозможно.

Вводные данные

- Информация, характеризующая тип и уровень активности радиоактивного материала
- Результаты дозиметрического мониторинга людей, оборудования и транспортных средств

Результат

- Рекомендации по проведению дезактивации

Общие рекомендации**ПРИМЕЧАНИЕ**

Одному человеку трудно проводить весь мониторинг и регистрацию. В руководстве [5] даны подробные рекомендации для групп, выполняющих мониторинг. В каждую группу мониторинга предлагается включать не менее 3 человек: одного для дозиметрии, одного для регистрации данных и одного для работы с загрязненными людьми или предметами.

Действие 1

Определите, есть ли на месте аварии или недалеко от него подходящее оборудование и ресурсы, необходимые для проведения простой дезактивации, например, источник чистой воды, душевые установки, насосы, шланги, щетки, метла, губки и т. д.

ПРИМЕЧАНИЕ

Вода, стекающая после дезактивации, должна рассматриваться как радиоактивные жидкие отходы, и аварийные планы должны включать возможную организацию удаления таких отходов. Организационные вопросы следует согласовать с соответствующими органами власти, которые занимаются жидкими отходами. В то же время, если возникает срочная необходимость мыть загрязненных поверхностей, следует стараться не превышать следующие уровни:

- сток в канализацию: 20 МБк на 5000 литров
- сток в реки и каналы: 2 МБк на 5000 литров

Большинство пожарных бригад могут предоставить необходимые ресурсы. Следует обязательно учитывать погодные условия. Влажная дезактивация неприемлема в зимнее время, если только она не проводится на обогреваемой закрытой территории.

Действие 2

Выделите зону за пределами периметра безопасности, на которой будет проводиться дезактивация (см. Рисунок В1).

ПРИМЕЧАНИЕ

Зона должна иметь пункты контроля входа и выхода. Желательно также изолировать эту зону и обеспечить ее средствами для сбора сточных вод на анализ, что зависит от количества и типа радиоактивного материала.

Действие 3

Мониторинг людей и предметов, принесенных на участок дезактивации, следует проводить, пользуясь соответствующими инструкциями из руководства [6]. Прежде, чем приступать к дезактивации, необходимо зарегистрировать уровень активности загрязненных участков.

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Лица, помогающие проводить дезактивацию, должны периодически проходить дозиметрический контроль, чтобы убедиться, что они не получили загрязнение.








Действие 4

Проведите повторный мониторинг участков, ранее идентифицированных как загрязненные, чтобы установить, снизилась ли активность ниже действующих уровней вмешательства. Если активность снизилась, но по-прежнему превышает значения ДУВ, протрите загрязненный участок чистой полоской бумаги или ткани и проверьте активность взятого мазка детектором. Наличие активности на взятой пробе свидетельствует о сохранении загрязнения, которое поддается удалению. Повторяйте процесс дезактивации до тех пор, пока не исчезнет снимаемое загрязнение.

Действие 5

Прежде, чем отпустить любого человека из зоны дезактивации, вынести предметы или надежно изолировать загрязненные вещи, убедитесь, что вся документация, касающаяся процесса дезактивации, включая показания счетчика до и после обработки, правильно заполнена и передана Ответственному за аварийное реагирование или другим представителям власти.

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ

-  Мыло, щетки и другие предметы (оборудование), применяемые для дезактивации, могут загрязняться в процессе работы, что требует соответствующего обращения.
-  При любых обстоятельствах следует избегать неоправданного облучения.
-  Носите адекватную защитную одежду во время мониторинга и дезактивации оборудования, как минимум – одноразовые перчатки и бахилы.
-  Следует соблюдать осторожность, чтобы не способствовать распространению загрязнения на чистые участки.
-  Не применяйте методы дезактивации, которые способствуют распространению локализованного материала или усилению проницаемости поверхности.
-  Штат аварийных работников должен применять адекватные методы мониторинга персонала (Группа индивидуального мониторинга и дезактивации [6]).
-  Персонал должен воздерживаться от еды, питья и курения в любой зоне, где проводятся мероприятия по мониторингу и дезактивации.

Дезактивация людей

Действие 6

Люди должны снять загрязненные предметы верхней одежды и пройти повторный мониторинг, прежде чем войти в зону дезактивации. Идентифицируйте участки загрязненной кожи и проинструктируйте, как нужно вымыть эти участки с мылом и теплой водой, слегка потирая их, чтобы не повредить кожную поверхность, затем тщательно сполоснуть и повторить процесс еще раз. Рекомендации по индивидуальной дезактивации приведены в Таблице Г7.

ПРИМЕЧАНИЕ

Если после повторного мытья активность остается выше значений ДУВ, но больше не удаляется, загрязнение считается "фиксированным". Люди с "фиксированным" загрязнением должны быть отправлены в медицинские учреждения для дальнейшего обследования.

Действие 7

Если загрязнена одежда, определите возможность проведения дезактивации одежды с помощью наличных ресурсов.

ПРИМЕЧАНИЕ

Например, резиновый плащ или сапоги, которые носят пожарные, могут быть загрязнены, но они легко моются. Может оказаться непрактичным проводить немедленную дезактивацию некоторых предметов одежды, салонов автомобилей, кожаной обуви и т.д.

Действие 8

Если загрязнение этих предметов превышает соответствующие ДУВ, и дальнейшее их использование может быть опасным, предлагается эти предметы конфисковать и хранить до тех пор, пока не будет принято решение о попытке провести их дезактивацию или соответствующим образом уничтожить.

Действие 9

Загрязненные предметы должны быть правильно завернуты, маркированы и сохранены таким образом, чтобы они не представляли опасности для персонала и не способствовали распространению загрязнения. Используйте маркировку *Загрязненные предметы* (Карта Г2). Поместите в пакет и промаркируйте каждый загрязненный предмет, задержанный для соответствующей отправки или для хранения.

Действие 10

Измерьте уровень фиксированного загрязнения на коже и запишите результаты, что поможет в оценке полученной дозы на кожу.

ПРИМЕЧАНИЕ

Для дозиметрии следует пользоваться прибором с достаточно широким диапазоном, позволяющим определить действительный уровень загрязнения. Значения "выше чем..." имеют крайне ограниченное применение.

Деактивация транспортных средств и оборудования

ПРИМЕЧАНИЕ

Загрязненные транспортные средства, инструменты, материалы и оборудование можно дезактивировать, пользуясь пожарными шлангами, щетками и детергентами, если в этом есть необходимость. В то же время следует работать осторожно, стараясь ограничить силу и направление водных потоков, чтобы избежать ненужного распространения загрязнения.

Действие 11

Проведите дезактивацию наружной поверхности транспортных средств, пользуясь водой и мылом.

ПРИМЕЧАНИЕ

Если позволяют погодные условия, можно пользоваться пожарными шлангами для дезактивации транспорта. Наружная дезактивация может проводиться также в передвижных помывочных установках, если они для этого подходят.

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Не пытайтесь мыть транспорт, если температура воздуха ниже нуля. Поверхностное оледенение может представлять опасность для людей и оборудования.

Действие 12

Если нежелательно проводить наружную дезактивацию из-за неподходящих погодных условий или по другим причинам, посоветуйте водителю загрязненного автомобиля, чтобы он оставил его на охраняемой территории до тех пор, пока не будут определены соответствующие способы дезактивации. Обеспечьте водителя автомобиля *Квитанцией на загрязненные предметы* (Карта Г3). Запишите всю информацию, касающуюся транспортного средства и степени обнаруженного загрязнения (используйте соответствующую карту из документа [6]).

Действие 13

После проведения начальной дезактивации проведите повторную дозиметрию тех участков поверхности, где было выявлено загрязнение. Если уровень значительно снизился, но по-прежнему превышает ДУВ, повторите дезактивацию и дозиметрию. Если показатели остаются на уровне, превышающем ДУВ, посоветуйте водителю оставить автомобиль в охраняемом месте в ожидании дальнейшей оценки. Обеспечьте водителя автомобиля *Квитанцией на загрязненные предметы* (Карта Г3). Запишите всю информацию, касающуюся транспортного средства и степени обнаруженного загрязнения (используйте соответствующую карту из документа [6]).

Действие 14

Если обнаружено внутреннее загрязнение транспортного средства, которое невозможно удалить путем протирания имеющимися чистящими материалами, посоветуйте водителю оставить автомобиль в охраняемом месте до тех пор, пока не будут определены подходящие средства для удаления или уменьшения степени загрязнения до допустимого уровня. Обеспечьте водителя автомобиля *Квитанцией на загрязненные предметы* (Карта Г3). Запишите всю информацию, касающуюся транспортного

средства и степени обнаруженного загрязнения (используйте соответствующую карту из документа [6]).

Действие 15

Если начальная наружная дезактивация не снижает показатели загрязнения ниже ДУВ, загрязнение может быть фиксированным. Подтвердите это взятием мазка (см. Инструкцию А5 в [6]). При наличии фиксированного загрязнения показатели на уровне или ниже ДУВ позволяют отпустить транспорт, если не было выявлено другого снимаемого загрязнения. Если показатели превышают ДУВ для фиксированного загрязнения, автомобиль должен быть помещен в охраняемое место в ожидании дальнейшей оценки. Дайте водителю рекомендации относительно проблемы и обеспечьте его *Квитанцией на загрязненные предметы* (Карта Г3). Запишите всю информацию, касающуюся транспортного средства и степени обнаруженного загрязнения (используйте соответствующую карту из документа [6]).

Действие 16

Следует проводить дозиметрию всех инструментов и оборудования, которым пользовались аварийные работники, согласно Инструкциям в документе [6]. При обнаружении загрязнения дезактивацию следует проводить как можно быстрее. Дезактивация, если она нужна и осуществима, может выполняться одним из нескольких способов, например, протиранием сухой тканью, мытьем с мылом и т.д.

Действие 17

Если немедленная дезактивация оказывается безрезультатной или непрактичной, а аварийный работник сдает инструменты или оборудование, выдайте ему *Квитанцию на загрязненные предметы* (Карта Г3). Загрязненные предметы должны быть правильно завернуты, промаркированы и оставлены на хранение таким образом, чтобы не представлять опасности для персонала и не способствовать распространению загрязнения. Используйте маркировку *Загрязненные предметы* (Карта Г2).

Действие 18

Поместите в пакет и промаркируйте каждый загрязненный предмет, задержанный для соответствующей отправки или для хранения.

ПРИМЕЧАНИЕ

Если авария может привести к поступлению радиоактивного материала внутрь организма через пищеварительный тракт или дыхательные пути, следует рассмотреть возможное загрязнение от выделений организма. Главное значение имеют моча и кал, но нельзя исключить и возможную радиоактивность пота. Помимо общего контроля загрязнения, необходимо дать оценку поступления радиоактивного материала внутрь как с помощью дозиметрии *in vivo*, то есть всего тела, так и с помощью дозиметрии выделений *in vitro*.

ТАБЛИЦА Г7. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ДЕЗАКТИВАЦИИ

| Участки загрязнения | Метод* | Техника | Примечания |
|-----------------------------|--|--|--|
| Кожные покровы, руки и тело | Мыло и вода | Мыть в течение 2-3 минут, затем проверить уровень активности. Повторить мытье 2 раза. | Мыть кисти рук, предплечья и лицо над раковиной. Использовать душ для мытья всего тела. ** |
| | Мыло, мягкая щетка и вода, сухие абразивы, такие как мука грубого помола | Обильно намылить и слегка потереть щеткой. Мыть по 2 минуты 3 раза, прополоскать и провести мониторинг. Проявлять осторожность, чтобы не вызвать раздражение кожи. | После дезактивации использовать ланолин или крем для рук для предотвращения образования трещин. *** |
| | Мыльный порошок или аналогичный детергент, стандартный промышленный очиститель кожных покровов | Сделать пасту. Добавить воды и слегка потереть кожу. Проявлять осторожность, чтобы не вызвать раздражение кожи. | После дезактивации использовать ланолин или крем для рук для предотвращения образования трещин. *** |
| Глаза, уши, рот | Промывание | Глаза: Отвернуть веки и осторожно промыть водой. Уши: Прочистить наружный слуховой проход ватными тампонами. Рот: Прополоскать водой - не глотать. | Соблюдать осторожность, чтобы не повредить барабанную перепонку; отворачивание век должен проводить медицинский или соответственно обученный персонал. |
| Волосы | Мыло и вода | Обильно намылить и слегка потереть щеткой. Мыть по 2 минуты 3 раза, прополоскать и провести мониторинг. | При мытье волосы должны быть откинута назад, чтобы загрязненная вода не попала в рот или в нос. |
| | Мыло, мягкая щетка и вода | Сделать пасту. Добавить воды и слегка потереть кожу. Проявлять осторожность, чтобы не вызвать раздражение кожи. | При мытье волосы должны быть откинута назад, чтобы загрязненная вода не попала в рот или в нос. |
| | Стрижка / бритье волос | Удалить волосы для проведения дезактивации кожи головы. Использовать методы дезактивации кожных покровов. | Осуществлять только после отсутствия эффекта от использования других методов. |

* Начать с первого из перечисленных методов и затем при необходимости переходить поэтапно к более сложному методу. В процессе проведения всех действий по индивидуальной дезактивации следует прилагать все усилия для предотвращения распространения радиоактивности. Все действия по дезактивации должны проводиться от периферии загрязненного участка к его центру.

** Простое промывание раны, поскольку все мероприятия по иссечению или выскабливанию, а также последующей дезактивации раны будут выполнены врачом или опытным медицинским работником.

*** В случае устойчивого загрязнения, обильно покрыть участок защитным кремом и надеть резиновые перчатки; в течение последующих нескольких часов радионуклиды быстро переходят с поверхности кожи в защитный крем.

| | | |
|-------------------------------------|---|--------------------|
| <i>Выполняется:</i> | ИНСТРУКЦИЯ ГЗ | |
| <i>Специалистом- радиологом</i> | УДАЛЕНИЕ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ | <i>Стр. 1 из 2</i> |

Цель

Дать рекомендации по предварительному рассмотрению вопроса о необходимости удаления радиоактивных отходов, появившихся в результате радиационной аварийной ситуации. Этой инструкцией следует пользоваться во время аварии, а если требуется проведение долговременных мероприятий по очистке, то этот вопрос следует рассматривать отдельно.

Обсуждение

Рекомендации предназначены для того, чтобы учесть возможные вопросы по обращению с радиоактивными отходами, которые могут появиться в ходе радиологической аварии. К таким отходам могут относиться источники, владельца которых установить не удалось, неизолированный радиоактивный материал, а также материал из окружающей среды или материал, загрязненный во время реагирования на радиационную аварию.

Методология вывоза отходов, а также транспорт должны определяться в зависимости от количества радиоактивного материала, уровня его активности и наличия условий для постоянного или долговременного хранения в той сфере деятельности, в которой эти отходы образовались. В некоторых случаях, например, в случае утечки радиоактивных материалов с низкой активностью оказывается возможным собрать все или большую часть загрязненных отходов относительно простыми методами. Однако в других случаях быстро удалить материал бывает очень сложно из-за большого объема загрязненных отходов или высокого уровня активности. Трудности могут возникнуть и с хранением отходов из-за отсутствия доступных подходящих складов для такого рода материала.

Если отходы невозможно удалить с места аварии, а они могут представлять опасность постоянного облучения, необходимо обеспечить их временное экранирование и охрану на месте аварии.

Вводные данные

- Количественная оценка и составление описи отходов по категориям
- Информация о наличии надежных транспортных средств, соответствующей упаковки и средств для хранения

Результат

- Рекомендации по удалению

Действие 1

Как только аварийная ситуация стабилизирована, и действия по дозиметрической разведке завершены, оцените необходимость вывоза отходов радиоактивного материала. Классифицируйте отходы по типу, уровню активности и количеству.

ПРИМЕЧАНИЕ

Например, разлитые жидкие радиоактивные материалы могут приводить к образованию большого количества загрязненных отходов, включающих жидкости, абсорбирующие материалы, ветошь и почву, причем все они характеризуются разными уровнями активности: от очень низкого до очень высокого в зависимости от изотопного состава.

Действие 2

Совместно с Ответственным за аварийное реагирование определите наличие и доступность подходящих средств для уничтожения или хранения каждой категории отходов.

Действие 3

Определите потребность во всех категориях упаковок для вывоза отходов с места аварии. Определите также, есть ли они в наличии, или где их можно получить. Органы власти могут стараться избегать выполнения обычных требований к погрузке, чтобы ускорить вывоз радиоактивных отходов с места аварии. В некоторых случаях может потребоваться использование импровизированной упаковки.

Действие 4

Определите, какие транспортные средства оптимально подходят для вывоза радиоактивных отходов с места аварии к выделенному хранилищу. Величина и тип необходимого транспорта будет диктоваться объемом и видом упаковки. Следует также рассмотреть необходимость охраны в пути.

Действие 5

Тщательно заполните всю документацию о каждой упаковке отходов до их отправки, включая информацию об уровне активности материала, а также о показателях дозиметрии на внешней стороне готового к перевозке контейнера. Копии документов должны сопровождать транспортировку отходов с места аварии к месту уничтожения или хранения.

Действие 6

Как только место аварии будет освобождено до возможной степени от всех радиоактивных отходов, необходимо провести повторную радиационную разведку зоны и составить опись оставшихся участков, на которых активность превышает нормальный фоновый уровень.

Если необходимо проводить последующие работы по уменьшению степени радиоактивности, территория должна охраняться для предупреждения несанкционированного доступа.

ПРИМЕЧАНИЕ

Удельная активность естественно присутствующих в почве радионуклидов составляет:

| Радионуклид | Средняя активность [Бк/кг] | Типичный диапазон [Бк/кг] |
|------------------|----------------------------|---------------------------|
| K-40 | 370 | 100 – 700 |
| U-238 или Ra-226 | 25 | 10 – 50 |
| Th-232 | 25 | 7 – 50 |

РАЗДЕЛ Д
ОЦЕНКА ДОЗ ОБЛУЧЕНИЯ

| | | |
|-----------------------------|---------------------------------------|--------------------|
| Выполняется: | ИНСТРУКЦИЯ ДО | |
| Специалистом- радиологом | ОБЗОР ОЦЕНКИ ДОЗ ОБЛУЧЕНИЯ | <i>Стр. 1 из 3</i> |

Цель

Оценить дозы облучения, полученные аварийными работниками и/или населением, как только аварийная ситуация стабилизирована, и действия по изъятию источника завершены.

Обсуждение

В случае аварии облучение человека может быть внешним или внутренним. При этом пути облучения могут быть разными. Внешнее облучение может быть обусловлено прямым излучением от источника, от содержащихся в воздухе радионуклидов (иммерсия или облучение от шлейфа), от радионуклидов, выпавших на землю или осевших на одежду или кожу человека. Внутреннее облучение может быть, во-первых, результатом попадания радиоактивного материала через дыхательные пути непосредственно из шлейфа или ресуспендированного материала с загрязненных поверхностей, во-вторых, результатом перорального поступления загрязненных продуктов питания и воды, и в-третьих, - результатом попадания радионуклидов внутрь организма через открытые раны.

Общая эффективная доза рассчитывается с учетом всех основных путей облучения человека во время аварии.

$$E_T = E_{ext} + E_{inh} + E_{ing}$$

Где:

| | | |
|-----------|---|--|
| E_T | = | Общая эффективная доза |
| E_{ext} | = | Эффективная доза от внешнего облучения |
| E_{inh} | = | Ожидаемая эффективная доза от ингаляции |
| E_{ing} | = | Ожидаемая эффективная доза от перорального поступления |

Там, где имеются прямые средства для оценки дозы, в первую очередь – индивидуальные дозиметры внешнего облучения, их следует применять. В то же время во многих случаях такие приборы недоступны или требуется определенное время для получения данных.

В настоящем разделе приводятся различные методы расчета дозы и мощности дозы с учетом типа источника или радиоактивного материала, а также обстоятельств аварийной ситуации. Специалист-радиолог может пользоваться компьютерными программами для проведения оценки, но в данных инструкциях представлены исходные формулы, позволяющие при необходимости вручную выполнить нужные расчеты. В этом разделе Специалист-радиолог найдет также формулы и таблицы, полезные для разработки рекомендаций по защитным мероприятиям для Ответственного за аварийное реагирование на ранней стадии аварийной ситуации, если есть информация, характеризующая источник радиации или радиоактивный материал.

Вводные данные

- Тип облучения
- Источники радиации или радиоактивный материал

- Результаты разведки
- Показания дозиметров
- Хронология событий

Результат

- Специфичные для данной аварии показатели оценки дозы

Действие 1

Соберите и оцените имеющуюся прямую дозиметрическую информацию. Сюда входят:

- i. прямые показания электроскопа с кварцевой нитью или индивидуальных электронных дозиметров (ИЭД);
- ii. показатели доз индивидуальных дозиметров, таких как пленочные нагрудные дозиметры или термолюминесцентные дозиметры (ТЛД), - эти данные будут отправлены для оценки аварийной ситуации;

ПРИМЕЧАНИЕ

Выполнение оценки может потребовать времени до 24 часов, но эти данные могут иметь значение для расследования аварии, а также использоваться для организации медицинского реагирования.

- iii. если есть вероятность ингаляции, следует отобрать пробу носовых выделений, используя материал, подходящим для проведения оценки удаленной активности;
- iv. если есть вероятность поступления радионуклидов в пищеварительный тракт, следует рассмотреть необходимость отбора проб мочи и кала для анализа;
- v. в (iii) и (iv) случае следует рассмотреть необходимость мониторинга всего тела или щитовидной железы;
- vi. если предполагается превышение лимита общей эффективной дозы, представителю группы медицинского реагирования следует порекомендовать взять пробы крови для цитогенетического анализа.

ПРИМЕЧАНИЕ

Действия (i) и (ii) всегда выполняются при наличии дозиметров. Другие измерения зависят от обстоятельств аварии.

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Продолжительность и масштабы аварии могут оказаться более значительными, чем это казалось в период начального реагирования. Следовательно, необходимо проверять прямопоказывающие дозиметры и индивидуальные дозиметры ВСЕГО штата, который мог побывать в зоне. В частности, важно, чтобы дозиметры лиц, которые вначале не считались вовлеченными в аварию, не использовались для преднамеренного облучения с целью упражнений по реконструкции дозы. Это может замаскировать действительное облучение сотрудников.

Действие 2

Охарактеризуйте тип облучения, применяя соответствующие инструкции:

| В случае: | Пользуйтесь инструкцией: |
|--|---------------------------------|
| Точечного источника | E1 |
| Линейного источника и утечки радиоактивного материала (на небольшом участке) | E2 |
| Загрязнения почвы | E3 |
| Загрязнения кожи | E4 |
| Ингаляции | E5 |
| Перорального поступления | E6 |
| Иммерсии в воздухе | E7 |

Действие 3

Оцените общую эффективную дозу, суммируя составные компоненты всех путей облучения, которым подвергался человек.

| | | |
|-----------------------------|--------------------------|-------------|
| Выполняется: | ИНСТРУКЦИЯ Д1 | |
| Специалистом- радиологом | ТОЧЕЧНЫЙ ИСТОЧНИК | Стр. 1 из 8 |

Цель

Оценить мощность дозы и эффективную дозу от точечного источника (с известной активностью) или оценить активность и расстояние до точечного источника на основании результатов измерений мощности дозы.

Обсуждение

В этой инструкции используются показатели эффективной дозы и мощности дозы, рассчитанные заранее, исходя из расстояния до источника, равного 1 м, и предполагая отсутствие экранирования. Этим методом можно пользоваться для оценки эффективных доз для населения и аварийных работников или для расчета ожидаемых показаний прибора (например, при планировании поиска утерянного источника). Экранирование может приниматься во внимание, но встроенная защита не учитывается. Следовательно, если в расчет включаются параметры экрана, результат расценивается как нижняя граница. При расчете показателей истинная доза может недооцениваться.

Вводные данные

- Активность точечного источника
- Расстояние до точечного источника
- Продолжительность облучения

Результат

- Мощность дозы и эффективная доза от точечного источника с известной активностью
- Активность и расстояние до точечного источника на основании измерений мощности дозы

Эффективная доза

Рассчитайте эффективную дозу на определенном расстоянии от точечного источника, пользуясь приведенным ниже уравнением. Чтобы пренебречь экранированием, примите толщину экрана d равной нулю.

$$E_{ext} = \frac{A \cdot CF_6 \cdot T_e \cdot (0.5)^{\frac{d}{d_{1/2}}}}{X^2}$$

где:

| | | |
|-----------|---|---|
| E_{ext} | = | Эффективная доза от точечного источника [мЗв] |
| A | = | Активность источника [кБк] |
| T_e | = | Продолжительность облучения [час] |
| CF_6 | = | Коэффициент перехода из Таблицы Д1 [(мЗв/час)/(кБк)] |
| X | = | Расстояние от точечного источника [м] |
| $d_{1/2}$ | = | Коэффициент половинного ослабления из Таблицы Д2 [см] |
| d | = | Толщина экрана [см] |

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

d измеряется в [см], а X – в [м].

Мощность дозы

Рассчитайте мощность дозы на определенном расстоянии от точечного источника, пользуясь приведенным ниже уравнением. Чтобы пренебречь экранированием, примите толщину экрана d равной нулю.

$$\dot{D} = \frac{A \cdot CF_7 \cdot (0.5)^{\frac{d}{d_{1/2}}}}{X^2}$$

Где:

| | | |
|-----------|---|---|
| \dot{D} | = | Мощность дозы [мГр/час] |
| CF_7 | = | Коэффициент перехода из Таблицы Д1 [(мГр/час)/(кБк)] |
| A | = | Активность источника [кБк] |
| X | = | Расстояние от точечного источника [м] |
| $d_{1/2}$ | = | Коэффициент половинного ослабления из Таблицы Д2 [см] |
| d | = | Толщина экрана [см] |

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

d измеряется в [см], а X – в [м].

Оценка расстояния до точечного источника

Приблизительно оценить расстояние до источника можно на основании измерений мощности дозы в двух точках, лежащих на зрительной оси, используя обратную пропорциональную зависимость дозы от квадрата расстояния.

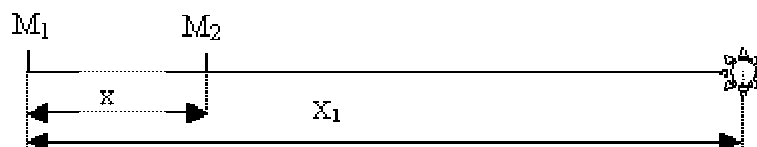
$$a = \frac{\dot{D}_1}{\dot{D}_2}$$

и:

$$X_1 = \frac{x}{1 - \sqrt{a}}$$

Где:

| | | |
|-------------|---|---|
| X_1 | = | Расстояние до источника (измеренное в точке M_1) [м] |
| x | = | Расстояние между двумя точками измерений [м] |
| \dot{D}_1 | = | Измеренная мощность дозы в точке M_1 [мГр/час] |
| \dot{D}_2 | = | Измеренная мощность дозы в точке M_2 [мГр/час] |



Оценка активности

Зная расстояние от источника, можно оценить его активность, пользуясь следующим уравнением:

$$A = \frac{\dot{D}_1 \cdot X_1^2}{CF_7 \cdot 0.5^{\frac{d}{d_{1/2}}}}$$

Где:

| | | |
|------------------|---|--|
| A | = | Активность источника [кБк] |
| X ₁ | = | Расстояние до источника (измеренное в точке М ₁) [м] |
| \dot{D}_1 | = | Измеренная мощность дозы в точке М ₁ [мГр/час] |
| CF ₇ | = | Коэффициент перехода из Таблицы Д1 [(мГр/час)/(кБк)] |
| d _{1/2} | = | Коэффициент половинного ослабления из Таблицы Д2 [см] |
| d | = | Толщина экрана [см] |

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

d измеряется в [см], а *X* – в [м].

ТАБЛИЦА Д1. КОЭФФИЦИЕНТЫ ПЕРЕХОДА ДЛЯ ТОЧЕЧНОГО ИСТОЧНИКА НА РАССТОЯНИИ 1 МЕТРА ОТ НЕГО

| Радионуклид | CF ₆ (мЗв/час)/ (кБк) | CF ₇ ^a (мГр/час)/ (кБк) | Радионуклид | CF ₆ (мЗв/час)/ (кБк) | CF ₇ ^a (мГр/час)/ (кБк) |
|-------------|--|---|-------------|--|---|
| H-3 | 0.0 | 0.0 | Ru-103 | 5.0E-08 | 7.9E-08 |
| C-14 | 0.0 | 0.0 | Ru-105 | 8.1E-08 | 1.3E-07 |
| Na-22 | 2.2E-07 | 3.4E-07 | Ru-106 | 1.4E-09 | 7.1E-09 |
| Na-24 | 3.8E-07 | 5.1E-07 | Ru-106+ | 1.4E-09 | 7.1E-09 |
| P-32 | 0.0 | 0.0 | Rh-106 | | |
| P-33 | 0.0 | 0.0 | Ag-110m | 2.8E-07 | 4.2E-07 |
| S-35 | 0.0 | 0.0 | Cd-109+ | 1.6E-07 | 2.9E-07 |
| Cl-36 | 3.1E-13 | 2.1E-11 | Ag-109m | | |
| K-40 | 1.6E-08 | 2.2E-08 | Cd-113m | 0.0 | 0.0 |
| K-42 | 2.8E-08 | 3.9E-08 | In-114m | 1.0E-08 | 3.5E-08 |
| Ca-45 | 8.9E-17 | 6.1E-15 | Sn-113 | 3.4E-09 | 4.2E-08 |
| Sc-46 | 2.1E-07 | 3.1E-07 | Sn-123 | 7.0E-10 | 1.1E-09 |
| Ti-44 | 1.1E-08 | 2.8E-08 | Sn-126+ | 5.7E-09 | 2.2E-08 |
| V-48 | 2.9E-07 | 4.4E-07 | Sb-126m | | |
| Cr-51 | 3.4E-09 | 2.0E-08 | Sb-124 | 1.9E-07 | 2.8E-07 |
| Mn-54 | 8.6E-08 | 1.5E-07 | Sb-126 | 2.8E-07 | 4.4E-07 |
| Mn-56 | 1.7E-07 | 2.4E-07 | Sb-126m | 4.9E-10 | 7.8E-10 |
| Fe-55 | 3.2E-10 | 2.2E-08 | Sb-127 | 6.8E-08 | 1.1E-07 |
| Fe-59 | 1.2E-07 | 1.8E-07 | Sb-129 | 1.5E-07 | 2.2E-07 |
| Co-58 | 1.0E-07 | 1.6E-07 | Te-127 | 6.0E-09 | 1.1E-08 |
| Co-60 | 2.5E-07 | 3.6E-07 | Te-127m | 1.6E-09 | 1.2E-08 |
| Ni-63 | 0.0 | 0.0 | Te-129 | 4.2E-08 | 6.5E-08 |
| Cu-64 | 2.0E-08 | 4.7E-08 | Te-129m+ | 4.6E-08 | 7.8E-08 |
| Zn-65 | 6.0E-08 | 1.3E-07 | Te-129 | | |
| Ga-68 | 9.8E-08 | 1.5E-07 | Te-131 | 4.5E-08 | 7.1E-08 |
| Ge-68+ | 9.8E-08 | 2.1E-07 | Te-131m | 1.5E-07 | 2.2E-07 |
| Ga-68 | | | Te-132 | 2.3E-08 | 4.9E-08 |
| Se-75 | 3.9E-08 | 1.4E-07 | I-125 | 5.9E-09 | 3.8E-08 |
| Kr-85 | 2.3E-10 | 3.6E-10 | I-129 | 3.4E-09 | 2.1E-08 |
| Kr-85m | 1.5E-08 | 3.0E-08 | I-131 | 3.9E-08 | 6.2E-08 |
| Kr-87 | 7.8E-08 | 1.1E-07 | I-132 | 2.4E-07 | 3.6E-07 |
| Kr-88+ | 2.5E-07 | 3.5E-07 | I-133 | 6.2E-08 | 9.8E-08 |
| Rb-88 | | | I-134 | 2.7E-07 | 4.1E-07 |
| Rb-86 | 9.6E-09 | 1.4E-08 | I-135+ | 3.8E-07 | 5.4E-07 |
| Rb-87 | 0.0 | 0.0 | Xe-135 | | |
| Rb-88 | 5.7E-08 | 5.2E-08 | Xe-131m | 2.7E-09 | 1.7E-08 |
| Sr-89 | 1.4E-11 | 2.1E-11 | Xe-133 | 4.6E-09 | 1.9E-08 |
| Sr-90 | 0.0 | 0.0 | Xe-133m | 4.8E-09 | 2.1E-08 |
| Sr-91 | 7.1E-08 | 1.1E-07 | Xe-135 | 2.4E-08 | 3.8E-08 |
| Y-90 | 0.0 | 0.0 | Xe-138 | 1.1E-07 | 1.6E-07 |
| Y-91 | 3.7E-10 | 5.5E-10 | Cs-134 | 1.6E-07 | 2.5E-07 |
| Y-91m | 5.5E-08 | 8.7E-08 | Cs-136 | 2.2E-07 | 3.4E-07 |
| Zr-93 | 0.0 | 0.0 | Ba-137m | 6.2E-08 | 9.5E-08 |
| Zr-95 | 7.6E-08 | 1.2E-07 | Cs-137+ | 6.2E-08 | 9.5E-08 |
| Nb-94 | 1.6E-07 | 2.5E-07 | Ba-137m | | |
| Nb-95 | 7.9E-08 | 1.2E-07 | Ba-133 | 4.1E-08 | 9.3E-08 |
| Mo-99 | 1.6E-08 | 2.6E-08 | Cs-138 | 3.0E-09 | 4.2E-09 |
| Tc-99 | 4.1E-14 | 6.4E-14 | Ba-140 | 2.0E-08 | 4.3E-08 |
| Tc-99m | 1.2E-08 | 2.1E-08 | La-140 | 2.3E-07 | 3.4E-07 |
| Rh-103 | 2.1E-08 | 3.0E-08 | Ce-141 | 7.2E-09 | 1.4E-08 |
| | | | Ce-144+ | 3.1E-09 | 1.1E-08 |
| | | | Pr-144 | | |

| Радионуклид | CF ₆ (мЗв/час)/ (кБк) | CF ₇ ^a (мГр/час)/ (кБк) | Радионуклид | CF ₆ (мЗв/час)/ (кБк) | CF ₇ ^a (мГр/час)/ (кБк) |
|-------------|--|---|---------------------------|--|---|
| Pr-144m | 2.9E-09 | 2.8E-08 | U- | 2.3E-10 | 1.5E-08 |
| Pr-144 | 1.2E-09 | 5.8E-09 | обедн./прир. ^b | 2.8E-10 | 1.8E-08 |
| Pm-145 | 3.6E-09 | 2.0E-08 | U-обог. ^b | 3.2E-10 | 2.1E-08 |
| Pm-147 | 2.9E-13 | 4.4E-13 | U-232 | 1.7E-08 | 4.6E-08 |
| Sm-151 | 2.3E-12 | 9.8E-11 | Pa-233 | 1.2E-10 | 6.8E-09 |
| Eu-152 | 1.2E-07 | 1.9E-07 | U-233 | 2.8E-10 | 1.8E-08 |
| Eu-154 | 1.3E-07 | 2.0E-07 | U-234 | 1.4E-08 | 7.4E-08 |
| Eu-155 | 5.3E-09 | 1.6E-08 | U-235 | 0.0 | 0.0 |
| Gd-153 | 1.1E-08 | 4.3E-08 | U-236 | 2.3E-10 | 1.5E-08 |
| Tb-160 | 1.1E-07 | 1.8E-07 | U-238 | | |
| Ho-166m | 1.6E-07 | 2.7E-07 | Np-237 | 3.8E-09 | 5.0E-08 |
| Tm-170 | 5.0E-10 | 4.8E-09 | Pu-236 | 3.4E-10 | 9.9E-09 |
| Yb-169 | 2.9E-08 | 9.8E-08 | Pu-238 | 3.0E-10 | 8.8E-09 |
| Hf-172 | 2.2E-08 | 4.9E-08 | Np-239 | 0.0 | 0.0 |
| Hf-181 | 5.5E-08 | 1.0E-07 | Pu-239 | 1.2E-10 | 3.4E-09 |
| Ta-182 | 1.3E-07 | 2.2E-07 | Pu-240 | 2.8E-10 | 8.4E-09 |
| W-187 | 4.9E-08 | 8.6E-08 | Pu-241 | 0.0 | 0.0 |
| Ir-192 | 8.3E-08 | 1.4E-07 | Pu-242 | 2.3E-10 | 6.9E-09 |
| Au-198 | 4.1E-08 | 6.7E-08 | Am-241 | 3.1E-09 | 3.7E-08 |
| Hg-203 | 2.3E-08 | 4.5E-08 | Am-242 | 8.5E-10 | 2.5E-08 |
| Ti-204 | 1.0E-10 | 1.1E-09 | Am-243 | 5.4E-09 | 3.8E-08 |
| Pb-210 | 6.9E-10 | 3.5E-08 | Cm-242 | 3.1E-10 | 9.2E-09 |
| Bi-207 | 1.6E-07 | 2.9E-07 | Cm-243 | 1.3E-08 | 6.6E-08 |
| Bi-210 | 0.0 | 0.0 | Cm-244 | 2.8E-10 | 8.2E-09 |
| Po-210 | 8.8E-13 | 1.3E-12 | Cm-245 | 7.5E-09 | 6.0E-08 |
| Ra-226 | 6.2E-10 | 2.2E-09 | Cf-252 | 2.1E-10 | 6.1E-09 |
| Ac-227 | 3.9E-11 | 2.0E-09 | | | |
| Ac-228 | 9.5E-08 | 2.1E-07 | | | |
| Th-227 | 1.1E-08 | 8.4E-08 | | | |
| Th-228 | 3.9E-10 | 1.6E-08 | | | |
| Th-230 | 2.3E-10 | 1.4E-08 | | | |
| Th-231 | 2.5E-10 | 7.3E-09 | | | |
| Th-232 | 2.1E-10 | 1.4E-08 | | | |
| Pa-231 | 4.3E-09 | 7.9E-08 | | | |

Ссылка: Расчеты выполнены в Национальной Лаборатории Oak Ridge National Laboratory (ORNL) с использованием программы CONDOS для расстояния 1 метр от источника при отсутствии экрана.

a Мощность дозы представлена в мГр/час. Для гамма-излучения 1мГр/час \approx 0.1 Р/час.

b Для природного и обедненного урана предполагается, что излучение определяется только U-238, а для обогащенного урана – только U-234. Активность обогащенного урана определяется концентрацией U-234 (в связи с его высокой удельной активностью). Когда выброс из природного и обогащенного урана представлен смесью U-234, 235 и 238, коэффициент дозы всех этих радионуклидов определяется в пределах 10%, поэтому целесообразно использовать только один коэффициент.

CF₆ Для эффективной дозы, полученной за 1 час от точечного источника активностью 1кБк.

CF₇ Для мощности дозы на расстоянии 1 м от точечного источника активностью 1 кБк.

ТАБЛИЦА Д2. КОЭФФИЦИЕНТ ПОЛОВИННОГО ОСЛАБЛЕНИЯ (HVL) $d_{1/2}$

Показатель $d_{1/2}$ – это толщина вещества, которая, будучи помещенной на пути радиоактивного луча, снижает мощность излучения наполовину. Значения даны для “правильной геометрии”, для которой накопление вторичной радиации не имеет значения.

| Радионуклид | $d_{1/2}$ [см] | | | | | |
|----------------------------|---------------------|---------------------|-----------------|-------------------|---------------------|--------------------|
| | Свинец ^a | Железо ^a | Al ^a | Вода ^a | Воздух ^b | Бетон ^a |
| H-3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00E+00 | 0 |
| C-14 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00E+00 | 0 |
| Na-22 | 0.67 | 1.38 | 3.85 | 9.4 | 7.94E+03 | 4.35 |
| Na-24 | 1.32 | 2.14 | 6.22 | 14.75 | 1.27E+04 | 6.88 |
| P-32 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00E+00 | 0 |
| P-33 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00E+00 | 0 |
| S-35 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00E+00 | 0 |
| Cl-36 | 0 | 0.01 | 0.02 | 0.04 | 3.90E+01 | 0.02 |
| K-40 | 1.15 | 1.8 | 4.99 | 11.97 | 1.02E+04 | 5.63 |
| K-42 | 1.18 | 1.84 | 5.1 | 12.21 | 1.04E+04 | 5.75 |
| Ca-45 | 0.01 | 0.03 | 0.1 | 0.24 | 2.12E+02 | 0.11 |
| Sc-46 | 0.82 | 1.48 | 4.2 | 9.84 | 8.47E+03 | 4.66 |
| Ti-44 | 0.04 | 0.21 | 0.6 | 1.41 | 1.25E+03 | 0.67 |
| V-48 | 0.8 | 1.48 | 4.18 | 9.95 | 8.50E+03 | 4.67 |
| Cr-51 | 0.17 | 0.82 | 2.38 | 5.69 | 4.98E+03 | 2.68 |
| Mn-54 | 0.68 | 1.33 | 3.8 | 9 | 7.70E+03 | 4.22 |
| Mn-56 | 0.94 | 1.65 | 4.78 | 11.13 | 9.66E+03 | 5.27 |
| Fe-55 | 0 | 0.02 | 0.05 | 0.12 | 1.02E+02 | 0.05 |
| Fe-59 | 0.94 | 1.59 | 4.51 | 10.58 | 9.10E+03 | 5.02 |
| Co-60 | 1 | 1.66 | 4.65 | 10.99 | 9.42E+03 | 5.2 |
| Ni-63 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00E+00 | 0 |
| Cu-64 | 0.41 | 1.08 | 3.01 | 7.61 | 6.32E+03 | 3.43 |
| Zn-65 | 0.87 | 1.53 | 4.34 | 10.15 | 8.74E+03 | 4.81 |
| Ga-68 | 0.42 | 1.09 | 3.04 | 7.67 | 6.38E+03 | 3.47 |
| Ge-68+Ga-68 ^c | 0.42 | 1.09 | 3.04 | 7.67 | 6.38E+03 | 3.47 |
| Ge-68 | 0.01 | 0.03 | 0.08 | 0.18 | 1.60E+02 | 0.09 |
| Se-75 | 0.12 | 0.62 | 1.79 | 4.26 | 3.74E+03 | 2.01 |
| Kr-85 | 0.41 | 1.07 | 3 | 7.59 | 6.31E+03 | 3.43 |
| Kr-85m | 0.1 | 0.5 | 1.46 | 3.46 | 3.05E+03 | 1.64 |
| Kr-87 | 0.83 | 1.67 | 4.84 | 11.46 | 9.92E+03 | 5.36 |
| Kr-88+Rb-88 ^c | 1.17 | 1.89 | 5.51 | 12.74 | 1.11E+04 | 6.05 |
| Kr-88 | 1.20 | 1.95 | 5.71 | 13.2 | 1.16E+04 | 6.25 |
| Rb-86 | 0.87 | 1.53 | 4.35 | 10.13 | 8.74E+03 | 4.81 |
| Rb-88 | 1.17 | 1.89 | 5.51 | 12.74 | 1.11E+04 | 6.05 |
| Sr-89 | 0.74 | 1.4 | 4 | 9.35 | 8.05E+03 | 4.42 |
| Sr-90 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00E+00 | 0 |
| Sr-91 | 0.71 | 1.38 | 3.94 | 9.31 | 7.98E+03 | 4.38 |
| Y-91 | 0.96 | 1.62 | 4.57 | 10.74 | 9.23E+03 | 5.09 |
| Zr-93 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00E+00 | 0 |
| Zr-95 | 0.6 | 1.26 | 3.58 | 8.61 | 7.31E+03 | 4 |
| Nb-94 | 0.64 | 1.30 | 3.70 | 8.84 | 7.54E+03 | 4.13 |
| Nb-95 | 0.62 | 1.28 | 3.63 | 8.72 | 7.42E+03 | 4.06 |
| Mo-99+Tc-99m ^c | 0.49 | 1.11 | 3.16 | 7.6 | 6.48E+03 | 3.54 |
| Mo-99 | 0.49 | 1.11 | 3.16 | 7.6 | 6.48E+03 | 3.54 |
| Tc-99 | 0.05 | 0.25 | 0.73 | 1.73 | 1.53E+03 | 0.82 |
| Tc-99m | 0.07 | 0.39 | 1.13 | 2.68 | 2.37E+03 | 1.27 |
| Ru-103 | 0.4 | 1.06 | 2.97 | 7.53 | 6.25E+03 | 3.4 |
| Ru-105 | 0.48 | 1.16 | 3.28 | 7.98 | 6.77E+03 | 3.69 |
| Rh-106 | 0.49 | 1.17 | 3.29 | 8.16 | 6.84E+03 | 3.73 |
| Ru-106+Rh-106 ^c | 0.49 | 1.17 | 3.29 | 8.16 | 6.84E+03 | 3.73 |

| Радионуклид | d _{1/2} [см] | | | | | |
|-----------------------------|-----------------------|---------------------|-----------------|-------------------|---------------------|--------------------|
| | Свинец ^a | Железо ^a | Al ^a | Вода ^a | Воздух ^b | Бетон ^a |
| Ru-106 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00E+00 | 0 |
| Ag-110m | 0.71 | 1.38 | 3.91 | 9.36 | 7.98E+03 | 4.38 |
| Cd-109 | 0.01 | 0.06 | 0.18 | 0.43 | 3.80E+02 | 0.2 |
| Cd-113m | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00E+00 | 0 |
| In-114m | 0.23 | 0.75 | 2.14 | 5.18 | 4.45E+03 | 2.41 |
| Sn-113 | 0.02 | 0.09 | 0.27 | 0.65 | 5.71E+02 | 0.31 |
| Sn-123 | 0.88 | 1.53 | 4.36 | 10.16 | 8.77E+03 | 4.83 |
| Sn-126+Sb-126m ^c | 0.48 | 1.15 | 3.27 | 7.99 | 6.76E+03 | 3.68 |
| Sn-126 | 0.04 | 0.19 | 0.55 | 1.3 | 1.15E+03 | 0.62 |
| Sb-124 | 0.83 | 1.55 | 4.39 | 10.49 | 8.98E+03 | 4.9 |
| Sb-126 | 0.52 | 1.19 | 3.37 | 8.21 | 6.95E+03 | 3.79 |
| Sb-126m | 0.48 | 1.15 | 3.27 | 7.99 | 6.76E+03 | 3.68 |
| Sb-127 | 0.47 | 1.14 | 3.24 | 7.92 | 6.70E+03 | 3.65 |
| Sb-129 | 0.72 | 1.4 | 3.98 | 9.45 | 8.09E+03 | 4.43 |
| Te-127m | 0.01 | 0.08 | 0.23 | 0.54 | 4.76E+02 | 0.26 |
| Te-129 | 0.33 | 0.93 | 2.63 | 6.53 | 5.50E+03 | 2.99 |
| Te-129m | 0.38 | 0.82 | 2.33 | 5.65 | 4.79E+03 | 2.61 |
| Te-131m | 0.65 | 1.31 | 3.74 | 8.88 | 7.61E+03 | 4.17 |
| Te-132 | 0.1 | 0.53 | 1.54 | 3.66 | 3.22E+03 | 1.73 |
| I-125 | 0.01 | 0.08 | 0.23 | 0.54 | 4.77E+02 | 0.26 |
| I-129 | 0.02 | 0.09 | 0.25 | 0.6 | 5.26E+02 | 0.28 |
| I-131 | 0.25 | 0.93 | 2.67 | 6.5 | 5.59E+03 | 3.02 |
| I-132 | 0.63 | 1.31 | 3.7 | 8.91 | 7.57E+03 | 4.14 |
| I-133 | 0.47 | 1.15 | 3.23 | 8.05 | 6.74E+03 | 3.67 |
| I-134 | 0.72 | 1.4 | 3.98 | 9.43 | 8.08E+03 | 4.43 |
| I-135+Xe-135m ^c | 0.98 | 1.66 | 4.7 | 11.06 | 9.53E+03 | 5.23 |
| I-135 | 0.98 | 1.66 | 4.7 | 11.06 | 9.53E+03 | 5.23 |
| Xe-131m | 0.02 | 0.1 | 0.29 | 0.7 | 6.16E+02 | 0.33 |
| Xe-133 | 0.03 | 0.16 | 0.47 | 1.11 | 9.80E+02 | 0.53 |
| Xe-133m | 0.05 | 0.25 | 0.73 | 1.72 | 1.52E+03 | 0.82 |
| Xe-135 | 0.14 | 0.72 | 2.1 | 4.99 | 4.38E+03 | 2.36 |
| Xe-135m | 0.41 | 1.07 | 2.99 | 7.54 | 6.27E+03 | 3.41 |
| Xe-138 | 0.9 | 1.64 | 4.79 | 11.09 | 9.72E+03 | 5.26 |
| Cs-134 | 0.57 | 1.24 | 3.5 | 8.5 | 7.19E+03 | 3.93 |
| Cs-136 | 0.65 | 1.32 | 3.76 | 8.86 | 7.62E+03 | 4.18 |
| Cs-137+Ba-137m ^c | 0.53 | 1.19 | 3.35 | 8.2 | 6.92E+03 | 3.77 |
| Cs-137 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00E+00 | 0 |
| Ba-133 | 0.16 | 0.67 | 1.92 | 4.63 | 4.02E+03 | 2.17 |
| Ba-137m | 0.53 | 1.19 | 3.35 | 8.2 | 6.92E+03 | 3.77 |
| Ba-140 | 0.33 | 0.96 | 2.69 | 6.72 | 5.65E+03 | 3.06 |
| La-140 | 0.93 | 1.64 | 4.63 | 11.04 | 9.47E+03 | 5.19 |
| Ce-141 | 0.07 | 0.37 | 1.07 | 2.52 | 2.23E+03 | 1.2 |
| Ce-144+Pr-144m ^c | 0.05 | 0.28 | 0.82 | 1.95 | 1.72E+03 | 0.93 |
| Pr-144 | | | | | | |
| Pr-144m | 0.02 | 0.1 | 0.28 | 0.67 | 5.88E+02 | 0.32 |
| Pm-145 | 0.02 | 0.11 | 0.31 | 0.74 | 6.56E+02 | 0.35 |
| Pm-147 | 0.06 | 0.34 | 0.99 | 2.35 | 2.08E+03 | 1.12 |
| Sm-147 | | | | | | |
| Sm-151 | 0.01 | 0.03 | 0.09 | 0.21 | 1.82E+02 | 0.1 |
| Eu-152 | 0.66 | 1.32 | 3.73 | 8.84 | 7.59E+03 | 4.17 |
| Eu-154 | 0.74 | 1.38 | 3.91 | 9.24 | 7.92E+03 | 4.35 |
| Eu-155 | 0.04 | 0.23 | 0.66 | 1.56 | 1.37E+03 | 0.74 |
| Gd-153 | 0.03 | 0.18 | 0.51 | 1.21 | 1.07E+03 | 0.57 |
| Tb-160 | 0.68 | 1.35 | 3.84 | 9.01 | 7.77E+03 | 4.26 |
| Ho-166m | 0.45 | 1.09 | 3.1 | 7.46 | 6.37E+03 | 3.48 |
| Tm-170 | 0.03 | 0.18 | 0.51 | 1.21 | 1.06E+03 | 0.57 |

| Радионуклид | $d_{1/2}$ [см] | | | | | |
|-------------|---------------------|---------------------|-----------------|-------------------|---------------------|--------------------|
| | Свинец ^a | Железо ^a | Al ^a | Вода ^a | Воздух ^b | Бетон ^a |
| Yb-169 | 0.06 | 0.3 | 0.87 | 2.05 | 1.81E+03 | 0.97 |
| Hf-181 | 0.27 | 0.86 | 2.41 | 6.02 | 5.07E+03 | 2.75 |
| Ta-182 | 0.8 | 1.39 | 3.94 | 9.26 | 7.97E+03 | 4.39 |
| W-187 | 0.43 | 1.03 | 2.91 | 7.17 | 6.04E+03 | 3.29 |
| Ir-192 | 0.24 | 0.92 | 2.64 | 6.42 | 5.52E+03 | 2.98 |
| Au-198 | 0.29 | 0.97 | 2.74 | 6.77 | 5.75E+03 | 3.11 |
| Hg-203 | 0.14 | 0.73 | 2.13 | 5.04 | 4.44E+03 | 2.39 |
| Tl-204 | 0.03 | 0.18 | 0.53 | 1.27 | 1.12E+03 | 0.6 |
| Pb-210 | 0.01 | 0.05 | 0.15 | 0.35 | 3.11E+02 | 0.17 |
| Bi-207 | 0.65 | 1.3 | 3.68 | 8.79 | 7.50E+03 | 4.11 |
| Bi-210 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00E+00 | 0 |
| Po-210 | 0.65 | 1.31 | 3.73 | 8.88 | 7.58E+03 | 4.15 |
| Ra-226 | 0.09 | 0.48 | 1.4 | 3.32 | 2.93E+03 | 1.58 |
| Ac-227 | 0.01 | 0.08 | 0.22 | 0.52 | 4.57E+02 | 0.25 |
| Ac-228 | 0.67 | 1.35 | 3.84 | 9.05 | 7.79E+03 | 4.27 |
| Th-227 | 0.11 | 0.58 | 1.69 | 4.01 | 3.53E+03 | 1.9 |
| Th-228 | 0.02 | 0.13 | 0.37 | 0.88 | 7.73E+02 | 0.42 |
| Th-230 | 0.01 | 0.05 | 0.14 | 0.34 | 3.02E+02 | 0.16 |
| Th-232 | 0.01 | 0.04 | 0.12 | 0.28 | 2.48E+02 | 0.13 |
| Pa-231 | 0.09 | 0.46 | 1.35 | 3.2 | 2.82E+03 | 1.51 |
| U-232 | 0.01 | 0.04 | 0.12 | 0.29 | 2.59E+02 | 0.14 |
| U-233 | 0.01 | 0.06 | 0.16 | 0.39 | 3.44E+02 | 0.18 |
| U-234 | 0.01 | 0.04 | 0.12 | 0.28 | 2.42E+02 | 0.13 |
| U-235 | 0.09 | 0.46 | 1.35 | 3.19 | 2.81E+03 | 1.51 |
| U-238 | 0.01 | 0.04 | 0.11 | 0.27 | 2.36E+02 | 0.13 |
| Np-237 | 0.03 | 0.12 | 0.41 | 0.98 | 8.62E+02 | 0.46 |
| Pu-236 | 0.01 | 0.04 | 0.11 | 0.27 | 2.39E+02 | 0.13 |
| Pu-238 | 0.01 | 0.04 | 0.11 | 0.27 | 2.37E+02 | 0.13 |
| Pu-239 | 0.01 | 0.04 | 0.12 | 0.29 | 2.58E+02 | 0.14 |
| Pu-240 | 0.01 | 0.04 | 0.11 | 0.27 | 2.37E+02 | 0.13 |
| Pu-241 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00E+00 | 0 |
| Pu-242 | 0.01 | 0.04 | 0.11 | 0.27 | 2.37E+02 | 0.13 |
| Am-241 | 0.02 | 0.12 | 0.35 | 0.82 | 7.27E+02 | 0.39 |
| Am-242m | 0.01 | 0.04 | 0.13 | 0.3 | 2.67E+02 | 0.14 |
| Am-243 | 0.03 | 0.18 | 0.52 | 1.24 | 1.09E+03 | 0.59 |
| Cm-242 | 0.01 | 0.04 | 0.12 | 0.28 | 2.48E+02 | 0.13 |
| Cm-243 | 0.08 | 0.43 | 1.26 | 2.98 | 2.63E+03 | 1.41 |
| Cm-244 | 0.01 | 0.04 | 0.12 | 0.28 | 2.47E+02 | 0.13 |
| Cm-245 | 0.05 | 0.27 | 0.79 | 1.86 | 1.64E+03 | 0.88 |
| Cf-252 | 0.01 | 0.04 | 0.12 | 0.3 | 2.61E+02 | 0.14 |

Ссылка: Расчеты выполнены в Национальной Лаборатории Oak Ridge National Laboratory (ORNL) с использованием программы CONDOS. Встроенный экран не принимался в расчет.

a 0 = < 0.01

b 0 = < 0.99

c Используется наивысший из двух.

| | | |
|---|--|-------------|
| Выполняется: Специалистом- радиологом | ИНСТРУКЦИЯ Д2 | Стр. 1 из 3 |
| | ЛИНЕЙНЫЙ ИСТОЧНИК И УТЕЧКА РАДИОАКТИВНОГО МАТЕРИАЛА | |

Цель

Оценить эффективную дозу или мощность дозы на определенном расстоянии от источника или места утечки радиоактивного материала; оценить активность линейного источника или радиоактивного пятна на основании результатов измерений мощности дозы.

Обсуждение

В данной инструкции обсуждаются показатели эффективной дозы и мощности дозы, рассчитанные предварительно, исходя из расстояния до источника, равного 1 м, и предполагая отсутствие экранирования. Этим методом можно пользоваться для оценки эффективных доз для населения и аварийных работников или для расчета ожидаемых показаний прибора.

Вводные данные

- Активность источника
- Расстояние до источника
- Продолжительность облучения

Результат

- Эффективная доза внешнего облучения
- Мощность дозы
- Активность источника на основании измерений мощности дозы

Линейный источник

Эффективная доза

Рассчитайте эффективную дозу (внешнего облучения) от линейного источника (трубки), пользуясь следующим уравнением:

$$E_{\text{ext}} = \frac{\pi \cdot CF_6 \cdot A_1 \cdot T_e}{X}$$

Где:

- X = Расстояние от линейного источника (трубки) [м]
- E_{ext} = Эффективная доза [мЗв]
- CF_6 = Коэффициент перехода из Таблицы Д1 [(мЗв/час)/(кБк)]
- A_1 = Активность на 1 м [Бк/м]
- T_e = Время облучения [час]

Мощность дозы

Рассчитайте мощность дозы на расстоянии X от линейного источника (трубки), пользуясь следующим выражением:

$$\dot{D} = \frac{\pi \cdot CF_6 \cdot A_1}{X}$$

Где:

- \dot{D} = Мощность дозы [мГр/час]
- CF_7 = Коэффициент перехода из Таблицы Д1 [(мГр/час)/(кБк)]
- X = Расстояние от линейного источника (трубки) [м]
- A_1 = Активность на 1 м [Бк/м]

Оценка активности

Рассчитайте активность линейного источника (трубки) на основании результатов измерений мощности дозы, пользуясь следующим выражением:

$$A_1 = \frac{\dot{D} \cdot X}{\pi \cdot CF_7}$$

Где:

- \dot{D} = Мощность дозы [мГр/час]
- CF_7 = Коэффициент перехода из Таблицы Д1 [(мГр/час)/(кБк)]
- X = Расстояние от линейного источника (трубки) [м]
- A_1 = Активность на 1 м [Бк/м]

Утечка радиоактивного материала

Эффективная доза

Рассчитайте эффективную дозу (внешнего облучения) от радиоактивного пятна, пользуясь выражением:

$$E_{\text{ext}} = 2\pi \cdot CF_6 \cdot A_s \cdot T_e \cdot \ln \frac{X^2 + R^2}{X^2}$$

Где:

- X = Расстояние от центра пятна [м]
- R = Радиус пятна [м]
- E_{ext} = Эффективная доза [мЗв]
- CF_6 = Коэффициент перехода из Таблицы Д1 [(мЗв/час)/(кБк)]
- A_s = Активность пятна [Бк/м²]
- T_e = Время облучения [час]

Мощность дозы

Рассчитайте мощность дозы на расстоянии X от радиоактивного пятна, пользуясь следующим выражением:

$$\dot{D} = 2\pi \cdot CF_7 \cdot A_s \cdot \ln \frac{X^2 + R^2}{X^2}$$

Где:

- \dot{D} = Мощность дозы [мГр/час]
- CF_7 = Коэффициент перехода из Таблицы Д1 [(мГр/час)/(кБк)]
- X = Расстояние от центра пятна [м]
- R = Радиус пятна [м]
- A_s = Активность пятна [Бк/м²]

Оценка активности

Рассчитайте активность пятна по результатам измерений мощности дозы, пользуясь следующим выражением:

$$A_s = \frac{\dot{D}}{2\pi \cdot CF_7 \cdot \ln \frac{X^2 + R^2}{X^2}}$$

Где:

- \dot{D} = Мощность дозы [мГр/час]
- CF_7 = Коэффициент перехода из Таблицы Д1 [(мГр/час)/(кБк)]
- X = Расстояние от центра пятна [м]
- R = Радиус пятна [м]
- A_s = Активность пятна [Бк/м²]

| | | |
|-----------------------------|--------------------------|-------------|
| Выполняется: | ИНСТРУКЦИЯ ДЗ | |
| Специалистом- радиологом | ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОЧВЫ | Стр. 1 из 6 |

Цель

Оценить эффективную дозу облучения от загрязненной почвы.

Обсуждение

Эффективная доза включает дозу внешнего облучения и ожидаемую дозу от ингаляции (ресуспендированного материала), обусловленную нахождением людей на загрязненной земле в течение наиболее важных периодов – первого месяца, второго месяца или всей жизни (50 лет). Если иметь полноценную информацию о концентрации присутствующих на почве радионуклидов, можно рассчитать эффективную дозу на основании измерения амбиентной дозы или уровня концентрации маркерных радионуклидов. Можно также принять в расчет экранирование и частичную защищенность.

Вводные данные

- Концентрация радионуклидов на почве
- Мощность амбиентной дозы
- Время облучения

Результат

- Эффективная доза от выпадений

Действие 1

Получите данные о концентрации радионуклидов на почве и о мощности амбиентной дозы, пользуясь инструкциями по мониторингу, приведенными в Руководстве [6].

Действие 2

Рассчитайте эффективную дозу от выпадений за данный период.

На основании полноценной информации о концентрации радионуклидов на почве

Примените уравнение:

$$E_{\text{ext}} = \sum_{i=1}^n \bar{C}_{g,i} \cdot CF_{4,i}$$

Где:

E_{ext} = Эффективная доза от выпадений за данный период [мЗв]

$\bar{C}_{g,i}$ = Средняя концентрация выпадений (на почве) радионуклида i [кБк/м²]

$CF_{4,i}$ = Коэффициент перехода из Таблицы ДЗ; эффективная доза на единицу выпадений для радионуклида i ; включает дозу внешнего облучения и ожидаемую эффективную дозу от ингаляции за счет ресуспендирования оставшихся в почве радионуклидов на загрязненной территории на протяжении данного периода

n = Число радионуклидов

На основании мощности амбиентной дозы

Примените уравнение:

$$E_{\text{ext}} = \dot{H}_g^* \cdot \frac{\sum_{i=1}^n C_{g,i}^{\text{rep}} \cdot CF_{4,i}}{\sum_{i=1}^n C_{g,i}^{\text{rep}} \cdot CF_{3,i}}$$

Где:

\dot{H}_g^* = Мощность амбиентной дозы на высоте 1 м над землей от выпадений на землю [мЗв/час]

$CF_{3,i}$ = Коэффициент перехода из Таблицы ДЗ; мощность амбиентной дозы на высоте 1 м над землей на единицу выпадений радионуклида i

$C_{g,i}^{\text{rep}}$ = Типичная концентрация выпадений (на землю) радионуклида i [кБк/м²]

На основании уровня концентрации маркерного радионуклида

Примените уравнение:

$$E_{\text{ext}} = C_{g,j}^{\text{sam}} \cdot \frac{\sum_{i=1}^n C_{g,i}^{\text{rep}} \cdot CF_{4,i}}{C_{g,j}^{\text{rep}}}$$

Где:

$C_{g,j}^{\text{sam}}$ = Концентрация маркерного радионуклида j в пробах выпадений [кБк/м²]

$C_{g,j}^{\text{rep}}$ = Типичная концентрация в выпадениях (на землю) маркерного радионуклида j [кБк/м²]

Действие 3

Откорректируйте эффективную дозу от выпадений, делая поправку на экранирование и частичную защищенность. Примените следующее уравнение:

$$E_{\text{ext}}^{\text{po}} = E_{\text{ext}} \cdot [SF \cdot OF + (1 - OF)]$$

Где:

$E_{\text{ext}}^{\text{po}}$ = Эффективная доза от выпадений за данный период с учетом экранирования и частичной защищенности [мЗв]

SF = Коэффициент экранирования по данным измерений во время нахождения в защищенном месте или из Таблицы Д4

OF = Коэффициент защищенности; это часть времени, к которой применим коэффициент SF, то есть, часть времени, проведенная в помещении; предполагается, что в остальное время экранирование отсутствует; по умолчанию применяется значение, равное 0.6

ТАБЛИЦА ДЗ. КОЭФФИЦИЕНТЫ ПЕРЕХОДА ДЛЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОБЛУЧЕНИЯ ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВЫ

| Радионуклид | Коэффициент перехода CF_3^a Мощность амбиентной дозы от выпадений [(мЗв/час)/(кБк/м ²)] | Коэффициент перехода CF_4^b Эффективная доза от выпадений [(мЗв/кБк/м ²)] | | |
|--------------|--|--|-----------|---------|
| | | 1-й месяц | 2-й месяц | 50 лет |
| H-3 | 0.0E+00 | HP | HP | HP |
| C-14 | 5.7E-11 | 5.2E-07 | 4.9E-07 | 1.0E-04 |
| Na-22 | 7.4E-06 | 3.7E-03 | 3.4E-03 | 8.4E-02 |
| Na-24 | 1.3E-05 | 2.0E-04 | 0.0E+00 | 2.0E-04 |
| P-32 | 1.0E-08 | 5.3E-06 | 1.2E-06 | 6.8E-06 |
| P-33 | 1.6E-10 | 1.1E-06 | 4.4E-07 | 1.8E-06 |
| S-35 | 5.9E-11 | 1.2E-06 | 8.7E-07 | 4.7E-06 |
| Cl-36 | 2.4E-09 | 8.1E-06 | 7.7E-06 | 1.6E-03 |
| K-40 | 5.2E-07 | 2.6E-04 | 2.5E-04 | 5.3E-02 |
| K-42 | 9.4E-07 | 1.2E-05 | 0.0E+00 | 1.2E-05 |
| Ca-45 | 1.6E-10 | 2.9E-06 | 2.4E-06 | 1.8E-05 |
| Sc-46 | 6.8E-06 | 3.0E-03 | 2.2E-03 | 1.2E-02 |
| Ti-44+Sc-44 | 7.8E-06 | 4.0E-03 | 3.8E-03 | 5.9E-01 |
| V-48 | 9.8E-06 | 2.8E-03 | 7.1E-04 | 3.7E-03 |
| Cr-51 | 1.1E-07 | 3.8E-05 | 1.7E-05 | 6.9E-05 |
| Mn-54 | 2.9E-06 | 1.4E-03 | 1.2E-03 | 1.4E-02 |
| Mn-56 | 5.6E-06 | 1.5E-05 | 0.0E+00 | 1.5E-05 |
| Fe-55 | 0.0E+00 | 9.1E-07 | 8.5E-07 | 2.2E-05 |
| Co-58 | 3.4E-06 | 1.6E-03 | 9.4E-04 | 3.9E-03 |
| Fe-59 | 4.0E-06 | HP | HP | HP |
| Co-60 | 8.3E-06 | 4.2E-03 | 3.9E-03 | 1.7E-01 |
| Ni-63 | 0.0E+00 | 5.3E-07 | 5.0E-07 | 9.1E-05 |
| Cu-64 | 6.6E-07 | 8.6E-06 | 0.0E+00 | 8.6E-06 |
| Zn-65 | 2.0E-06 | 9.4E-04 | 8.2E-04 | 8.0E-03 |
| Ga-68 | 3.3E-06 | HP | HP | HP |
| Ge-68+Ga-68 | 3.3E-06 | 1.6E-03 | 1.4E-03 | 1.5E-02 |
| Se-75 | 1.3E-06 | 6.2E-04 | 4.9E-04 | 3.1E-03 |
| Kr-85 | 9.3E-09 | HP | HP | HP |
| Kr-85m | 5.4E-07 | HP | HP | HP |
| Kr-87 | 2.6E-06 | HP | HP | HP |
| Kr-88+Rb-88 | 8.2E-06 | HP | HP | HP |
| Rb-86 | 3.3E-07 | 1.0E-04 | 3.2E-05 | 1.5E-04 |
| Rb-87 | 3.1E-10 | HP | HP | HP |
| Rb-88 | 2.1E-06 | HP | HP | HP |
| Sr-89 | 8.0E-09 | 1.1E-05 | 6.6E-06 | 2.8E-05 |
| Sr-90 | 1.0E-09 | 1.7E-04 | 1.6E-04 | 2.1E-02 |
| Sr-91 | 2.4E-06 | 3.4E-05 | 7.5E-08 | 3.4E-05 |
| Y-90 | 1.9E-08 | 1.7E-06 | 6.7E-10 | 1.7E-06 |
| Y-91 | 2.0E-08 | 1.7E-05 | 1.1E-05 | 4.9E-05 |
| Y-91m | 1.9E-06 | 1.6E-06 | 6.5E-09 | 1.6E-06 |
| Zr-93 | 0.0E+00 | 2.2E-05 | 2.1E-05 | 4.8E-03 |
| Zr-95 | 2.6E-06 | 1.4E-03 | 1.3E-03 | 6.8E-03 |
| Nb-94 | 5.4E-06 | 2.7E-03 | 2.6E-03 | 5.5E-01 |
| Nb-95 | 2.6E-06 | 1.0E-03 | 5.2E-04 | 2.1E-03 |
| Mo-99+Tc-99m | 9.5E-07 | 6.1E-05 | 3.1E-08 | 6.1E-05 |
| Tc-99 | 2.8E-10 | 4.1E-06 | 3.9E-06 | 8.2E-04 |
| Tc-99m | 4.3E-07 | 2.7E-06 | 1.2E-14 | 2.7E-06 |
| Ru-103 | 1.6E-06 | 6.4E-04 | 3.6E-04 | 1.5E-03 |
| Ru-105 | 2.7E-06 | 1.4E-05 | 1.8E-12 | 1.4E-05 |
| Rh-106 | 7.5E-07 | HP | HP | HP |

| Радионуклид | Коэффициент перехода CF_3^a Мощность амбиентной дозы от выпадений [(мЗв/час)/(кБк/м ²)] | Коэффициент перехода CF_4^b Эффективная доза от выпадений [(мЗв/кБк/м ²)] | | |
|----------------|---|---|-----------|---------|
| | | 1-й месяц | 2-й месяц | 50 лет |
| Ru-106+Rh-106 | 7.5E-07 | 4.2E-04 | 3.8E-04 | 4.8E-03 |
| Ag-110m | 9.4E-06 | 4.5E-03 | 3.9E-03 | 3.9E-02 |
| Cd-109+Ag-109m | 1.1E-07 | 6.4E-05 | 5.8E-05 | 8.6E-04 |
| Cd-113m | 9.3E-10 | 1.1E-04 | 1.1E-04 | 9.2E-03 |
| In-114m | 3.2E-07 | 4.5E-04 | 3.5E-04 | 2.2E-03 |
| Sn-113+In-113m | 9.9E-07 | 2.2E-05 | 1.7E-05 | 1.2E-04 |
| Sn-123 | 3.0E-08 | 3.2E-03 | 3.2E-03 | 7.0E-01 |
| Sn-126+Sb-126m | 5.3E-06 | 2.6E-03 | 1.7E-03 | 7.8E-03 |
| Sb-124 | 6.0E-06 | 2.4E-03 | 4.2E-04 | 2.9E-03 |
| Sb-126 | 9.8E-06 | HP | HP | HP |
| Sb-126m | 5.4E-06 | 2.3E-04 | 1.1E-06 | 2.3E-04 |
| Sb-127 | 2.4E-06 | 2.3E-05 | 4.9E-08 | 2.3E-05 |
| Sb-129 | 4.9E-06 | 3.7E-06 | 3.6E-08 | 3.7E-06 |
| Te-127 | 1.8E-08 | 1.8E-07 | 0.0E+00 | 1.8E-07 |
| Te-127m | 4.0E-08 | 3.4E-05 | 2.7E-05 | 1.6E-04 |
| Te-129 | 2.1E-07 | 2.5E-07 | 9.7E-16 | 2.5E-07 |
| Te-129m | 1.3E-07 | 1.1E-04 | 5.4E-05 | 2.2E-04 |
| Te-131 | 1.5E-06 | 1.2E-06 | 3.8E-08 | 1.2E-06 |
| Te-131m | 4.8E-06 | 2.0E-04 | 3.3E-06 | 2.0E-04 |
| Te-132 | 8.0E-07 | 6.9E-04 | 1.1E-06 | 6.9E-04 |
| I-125 | 1.5E-07 | 7.8E-05 | 5.2E-05 | 2.4E-04 |
| I-129 | 9.1E-08 | 1.7E-04 | 1.6E-04 | 3.4E-02 |
| I-131 | 1.3E-06 | 2.5E-04 | 1.8E-05 | 2.7E-04 |
| I-132 | 7.8E-06 | 1.9E-05 | 0.0E+00 | 1.9E-05 |
| I-133 | 2.1E-06 | 4.5E-05 | 0.0E+00 | 4.5E-05 |
| I-134 | 8.9E-06 | 8.1E-06 | 0.0E+00 | 8.1E-06 |
| I-135+Xe-135m | 5.4E-06 | 3.7E-05 | 0.0E+00 | 3.7E-05 |
| Xe-131m | 7.3E-08 | HP | HP | HP |
| Xe-133 | 1.6E-07 | HP | HP | HP |
| Xe-133m | 1.4E-07 | HP | HP | HP |
| Xe-135 | 8.5E-07 | HP | HP | HP |
| Xe-135m | 1.5E-06 | HP | HP | HP |
| Xe-138 | 3.6E-06 | HP | HP | HP |
| Cs-134 | 5.4E-06 | 2.7E-03 | 2.5E-03 | 5.1E-02 |
| Cs-135 | 1.2E-10 | 7.0E-07 | 3.9E-07 | 8.5E-06 |
| Cs-136 | 7.4E-06 | 1.9E-03 | 3.6E-04 | 2.3E-03 |
| Cs-137+Ba-137m | 2.1E-06 | 9.9E-04 | 9.4E-04 | 1.3E-01 |
| Cs-138 | 7.7E-06 | HP | HP | HP |
| Ba-133 | 1.4E-06 | 7.0E-04 | 6.6E-04 | 4.8E-02 |
| Ba-137m | 2.1E-06 | HP | HP | HP |
| Ba-140 | 6.4E-07 | 2.0E-03 | 4.4E-03 | 2.5E-03 |
| La-140 | 7.6E-06 | 3.2E-04 | 1.2E-09 | 3.2E-04 |
| Ce-141 | 2.6E-07 | 9.9E-05 | 4.9E-05 | 2.0E-04 |
| Ce-144+Pr-144 | 2.0E-07 | 1.5E-04 | 1.3E-04 | 1.4E-03 |
| Pr-144 | 1.3E-07 | 4.0E-08 | 0.0E+00 | 4.0E-08 |
| Pr-144m | 4.6E-08 | 2.2E-08 | 0.0E+00 | 2.2E-08 |
| Pm-145 | 1.2E-07 | 6.0E-05 | 5.7E-05 | 5.8E-03 |
| Pm-147 | 1.2E-10 | 4.4E-06 | 4.1E-06 | 1.0E-04 |
| Sm-147 | 0.0E+00 | HP | HP | HP |
| Sm-151 | 1.8E-11 | 3.5E-06 | 3.3E-06 | 5.9E-04 |
| Eu-152 | 3.9E-06 | 2.0E-03 | 1.9E-03 | 1.6E-01 |
| Eu-154 | 4.2E-06 | 2.1E-03 | 2.0E-03 | 1.3E-01 |
| Eu-155 | 2.1E-07 | 1.1E-04 | 1.0E-04 | 4.2E-03 |
| Gd-153 | 3.7E-07 | 1.8E-04 | 1.6E-04 | 1.5E-03 |
| Tb-160 | 3.8E-06 | 1.7E-03 | 1.2E-03 | 5.8E-03 |

| Радионуклид | Коэффициент перехода CF_3^a Мощность амбиентной дозы от выпадений [(мЗв/час)/(кБк/м ²)] | Коэффициент перехода CF_4^b Эффективная доза от выпадений [(мЗв/кБк/м ²)] | | |
|----------------|--|--|-----------|---------|
| | | 1-й месяц | 2-й месяц | 50 лет |
| Ho-166m | 6.0E-06 | 3.1E-03 | 2.9E-03 | 6.1E-01 |
| Tm-170 | 2.1E-08 | 1.6E-05 | 1.3E-05 | 8.5E-05 |
| Yb-169 | 1.1E-06 | 4.0E-04 | 2.0E-04 | 7.9E-04 |
| Hf-172 | 4.0E-07 | НР | НР | НР |
| Hf-181 | 1.9E-06 | 7.7E-04 | 4.5E-04 | 1.8E-03 |
| Ta-182 | 4.3E-06 | 2.0E-03 | 1.6E-03 | 9.7E-03 |
| W-187 | 1.7E-06 | 4.1E-05 | 0.0E+00 | 4.1E-05 |
| Ir-192 | 2.8E-06 | 1.2E-03 | 8.9E-04 | 4.4E-03 |
| Au-198 | 1.4E-06 | 9.4E-05 | 3.9E-08 | 9.4E-05 |
| Hg-203 | 8.2E-07 | 3.3E-04 | 2.0E-04 | 8.5E-04 |
| Tl-204 | 5.2E-09 | 4.0E-06 | 3.8E-06 | 1.2E-04 |
| Pb-210 | 8.8E-09 | 1.9E-03 | 2.2E-03 | 5.9E-01 |
| Bi-207 | 5.2E-06 | 2.6E-03 | 2.5E-03 | 3.4E-01 |
| Bi-210 | 3.7E-09 | 1.2E-04 | 1.1E-04 | 7.3E-04 |
| Po-210 | 2.9E-11 | 3.5E-03 | 2.9E+03 | 2.0E-02 |
| Ra-226 | 2.3E-08 | 9.2E-03 | 9.2E-03 | 1.9E+00 |
| Ac-227 | 5.5E-10 | 4.6E-01 | 4.4E-01 | 5.1E+01 |
| Ac-228 | 3.3E-06 | 3.6E-05 | 1.4E-05 | 3.0E-04 |
| Th-227 | 3.7E-07 | 7.7E-03 | 3.7E-03 | 1.3E-02 |
| Th-228 | 8.3E-09 | 4.2E-02 | 3.9E-02 | 7.7E-01 |
| Th-230 | 2.7E-09 | 3.7E-02 | 3.5E-02 | 7.5E+00 |
| Th-231 | 6.5E-08 | НР | НР | НР |
| Th-232 | 1.9E-09 | 1.9E-01 | 1.8E-01 | 4.6E+01 |
| Pa-231 | 1.4E-07 | 1.2E-01 | 1.1E-01 | 6.7E+01 |
| Pa-233 | 6.9E-07 | НР | НР | НР |
| U-232 | 3.6E-09 | 3.2E-02 | 3.1E-02 | 1.2E+01 |
| U-233 | 2.5E-09 | 8.0E-03 | 7.6E-03 | 1.7E+00 |
| U-234 | 2.6E-09 | 7.9E-03 | 7.4E-03 | 1.6E+00 |
| U-235 | 5.2E-07 | 7.4E-03 | 7.0E-03 | 1.5E+00 |
| U-236 | 2.3E-09 | 7.3E-03 | 6.9E-03 | 1.5E+00 |
| U-238 | 1.9E-09 | 6.8E-03 | 6.4E-03 | 1.4E+00 |
| U обедн./прир. | 1.9E-09 | 6.8E-03 | 6.4E-03 | 1.4E+00 |
| U обогащ. | 2.6E-09 | 7.9E-03 | 7.4E-03 | 1.6E+00 |
| UF6g(sol 234) | 2.6E-09 | 7.9E-03 | 7.4E-03 | 1.6E+00 |
| Np-237 | 1.0E-07 | 2.6E-02 | 2.5E-02 | 5.3E+00 |
| Np-239 | 5.8E-07 | 3.4E-05 | 6.4E-09 | 3.4E-05 |
| Pu-236 | 3.5E-09 | 1.6E-02 | 1.5E-02 | 8.0E-01 |
| Pu-238 | 3.0E-09 | 3.9E-02 | 3.7E-02 | 6.6E+00 |
| Pu-239 | 1.3E-09 | 4.2E-02 | 4.0E-02 | 8.5E+00 |
| Pu-240 | 2.8E-09 | 4.2E-02 | 4.0E-02 | 8.4E+00 |
| Pu-241 | 6.8E-12 | 7.6E-04 | 7.2E-04 | 1.9E-01 |
| Pu-242 | 2.4E-09 | 4.0E-02 | 3.8E-02 | 8.0E+00 |
| Am-241 | 9.7E-08 | 3.5E-02 | 3.3E-02 | 6.7E+00 |
| Am-242m | 1.1E-08 | 3.2E-02 | 3.0E-02 | 6.3E+00 |
| Am-243 | 1.9E-07 | 3.5E-02 | 3.3E-02 | 7.0E+00 |
| Cm-242 | 3.4E-09 | 4.2E-03 | 3.5E-03 | 5.9E-02 |
| Cm-243 | 4.4E-07 | 3.5E-02 | 3.3E-02 | 4.3E+00 |
| Cm-244 | 3.1E-09 | 2.9E-02 | 2.7E-02 | 2.8E+00 |
| Cm-245 | 3.1E-07 | 5.0E-02 | 4.7E-02 | 1.0E+01 |
| Cf-252 | 2.6E-09 | 1.7E-02 | 1.5E-02 | 3.9E-01 |

Ссылки: [15, 16, 17].

- (а) На основе коэффициентов «Перехода доз для облучения от загрязненной поверхности земли» из издания *Внешнее облучение радионуклидами, содержащимися в воздухе, в воде и в почве* [15], Таблица III.3. Для оценки мощности амбиентной дозы в соответствии с рекомендациями EPA [16]

- эффективную дозу умножали на 1.4. Доза внешнего облучения от дочерних радионуклидов, находящихся, предположительно, в равновесии, включена там, где это отмечено.
- (b) Исходные уровни ресуспендирования для незасушливых районов (1E-6) взяты из издания *Производные уровни вмешательства при контроле доз облучения населения в случае ядерной аварии или радиационной аварийной ситуации* [17].
- (c) Основные радионуклиды, формирующие дозу внешнего облучения от выпадений при аварии на атомном реакторе.
- НР Не рассчитано.

Таблица ДЗ содержит коэффициенты перехода для периодов, соответствующих первому месяцу, второму месяцу и 50 годам, при облучении от загрязненной почвы. Учтены факторы распада радионуклидов, заглубления и вымывания дождевыми стоками. Коэффициенты перехода базируются на данных программы International RASCAL (NRC95). Коэффициент перехода мощности амбиентной дозы (CF_3) – это мощность дозы на высоте 1 м над землей от выпадений изотопа i концентрацией 1 кБк/м² с поправкой на неровность поверхности. Коэффициент CF_4 включает дозу от внешнего облучения и ингаляционную дозу от ресуспендированных радионуклидов. Использовался исходный коэффициент ресуспендирования $R_S=1E-6$ м⁻¹, поскольку считается, что он является верхней (консервативной) границей с учетом подвергавшихся атмосферным воздействиям (старых) выпадений. В то же время в реальных случаях аварий наблюдались значительно более низкие коэффициенты ресуспендирования.

ТАБЛИЦА Д4. ФАКТОРЫ ЭКРАНИРОВАНИЯ ДЛЯ ВЫПАДЕНИЙ НА ПОВЕРХНОСТЬ

| Строение или локализация | Репрезентативный коэффициент экранирования SF (a) | Репрезентативный диапазон коэффициента экранирования |
|--|---|--|
| На высоте 1 м над безграничной гладкой поверхностью | 1.0 | - |
| На высоте 1 м над обычной землей | 0.7 | 0.47 – 0.85 |
| Одно- и двухэтажные деревянные дома (без подвала) | 0.4 | 0.2 – 0.5 |
| Одно- и двухэтажные блочные или кирпичные дома (без подвала) | 0.2 | 0.04 – 0.4 |
| Подвалы домов, в которых полностью облучаются одна или две стены | | |
| - одноэтажный, менее 1 м от подвала, облучаемая стена | 0.1 | 0.03 – 0.15 |
| - двухэтажный, менее 1 м от подвала, облучаемая стена | 0.05 | 0.03 – 0.07 |
| Трех- или четырехэтажные строения (от 500 до 1000 м ² на этаж) ^(b) | | |
| - первый и второй этаж | 0.05 | 0.01 – 0.08 |
| - подвал | 0.01 | 0.001 – 0.07 |
| Многоэтажные строения (> 1000 м ² на этаж) ^(b) | | |
| - верхние этажи | 0.01 | 0.001 – 0.02 |
| - подвал | 0.005 | 0.001 – 0.15 |

Ссылка: [18].

- (a) Отношение дозы, полученной при нахождении человека внутри здания, к дозе, полученной при нахождении вне здания; в отдалении от дверей и окон.
- (b) Значения коэффициента экранирования SF адекватны для ситуаций, в которых выпадения внутри здания незначительны, например, при влажных выпадениях вне помещений; для сухих выпадений эти значения могут быть более высокими в зависимости от скорости воздухообмена [19].

| | | |
|-----------------------------|-------------------------|-------------|
| Выполняется: | ИНСТРУКЦИЯ Д4 | |
| Специалистом- радиологом | ЗАГРЯЗНЕНИЕ КОЖИ | Стр. 1 из 3 |

Цель

Оценить дозу на кожу от бета-излучения материала, попавшего на кожу или на одежду.

Обсуждение

Дозу на кожу трудно измерить непосредственно, поэтому ее обычно рассчитывают. Доза от бета-излучения на кожу, выраженная в показателях концентрации радионуклидов в воздухе, зависит от скорости выпадений материала из атмосферы на кожу и одежду и его последующей задержки. С этими параметрами связано много неопределенностей, обусловленных отсутствием экспериментальных данных о выпадении соответствующих материалов на кожу, а также невозможностью предсказать поведение людей в условиях последствий радиационной аварии. Мощность дозы бета-излучения на кожу, выраженная в показателях средней поверхностной концентрации радионуклида на коже, дает обычно более надежную оценку этого пути облучения. В то же время в литературе приводятся данные, различающиеся между собой на порядок. Коэффициенты перехода мощности дозы бета-излучения на кожу, приведенные в Таблице Г5, взяты из справочника [19].

Доза на кожу от бета-излучения содержащихся в воздухе радионуклидов важна только для инертных газов. Для других радионуклидов этот показатель незначителен по сравнению с другими путями облучения.

Вводные данные

- Средняя поверхностная концентрация радионуклидов на коже или на одежде

Результат

- Эквивалентная доза (бета-излучения) на кожу

Действие 1

Оцените дозу от бета-излучения на кожу, пользуясь следующим выражением:

$$H_{s,i} = \bar{C}_{s,i} \cdot CF_{8,i} \cdot SF_{\beta} \cdot T_e$$

и:

$$H_s = \sum_i H_{s,i}$$

Где:

H_s = Эквивалентная доза на кожу [мЗв]

$H_{s,i}$ = Эквивалентная доза на кожу от радионуклида i [мЗв]

$\bar{C}_{s,i}$ = Средняя поверхностная концентрация радионуклида i на коже или на одежде [Бк/см²]

$CF_{8,i}$ = Коэффициент перехода от плотности загрязнения кожи к мощности дозы бета-излучения для радионуклида i из Таблицы Д5 [(мЗв/час)/(Бк/см²)]

SF_{β} = Коэффициент экранирования с учетом экранирующих свойств одежды и т.д.; если принимается в расчет только одежда (летом, весной/осенью, зимой),

репрезентативные значения коэффициента экранирования составляют примерно 0.2 – 0.3 и 0.001, соответственно [20].

T_e = Время облучения [час]

ТАБЛИЦА Д5. КОЭФФИЦИЕНТЫ ПЕРЕХОДА К МОЩНОСТИ ДОЗЫ БЕТА-ИЗЛУЧЕНИЯ НА КОЖУ ОТ МАТЕРИАЛА, ВЫПАВШЕГО НА КОЖУ ИЛИ НА ОДЕЖДУ

| Радионуклид | $T_{1/2}$ | Ед. | CF_8 [(мкЗв/час)/ (Бк/см ²)] | Радионуклид | $T_{1/2}$ | Ед. | CF_8 [(мкЗв/час)/ (Бк/см ²)] |
|-------------|-----------|-----|--|--------------------|-----------|-----|--|
| H-3 | 12.3 | лет | 0 | Sr-90/Y-90 | 29.1 | Лет | 3.5 |
| C-14 | 5730 | Лет | 0.32 | Y-90 | 2.7 | дн. | 2 |
| F-18 | 1.83 | Час | 1.9 | Zr-95/Nb-95 | 64 | дн. | 1.6 |
| Na-22 | 2.6 | Лет | 1.7 | Mo-99/Tc-99m | 2.75 | дн. | 1.9 |
| Na-24 | 15 | Час | 2.2 | Tc-99m | 6 | Час | 0.25 |
| Al-26 | 7.20E+05 | Лет | 1.8 | Tc-99 | 2.10E+05 | Лет | 1.2 |
| P-32 | 14.3 | дн. | 1.9 | Ru-103/ Rh-103m | 39.3 | дн. | 0.78 |
| P-33 | 25.6 | дн. | 0.86 | Ru-106/ Rh-106 | 372.6 | дн. | 2.2 |
| S-35 | 87.5 | дн. | 0.35 | Ag-110m | 249.8 | дн. | 0.68 |
| Cl-36 | 3.00E+05 | Лет | 1.8 | Ag-111 | 7.5 | дн. | 1.8 |
| K-40 | 1.30E+09 | Лет | 1.5 | Cd-109 | 462.6 | дн. | 0.54 |
| K-42 | 12.4 | Час | 2.2 | In-111 | 2.8 | дн. | 0.38 |
| K-43 | 22.2 | Час | 1.9 | In-113m | 1.66 | Час | 0.73 |
| Ca-45 | 163 | дн. | 0.84 | In-115m | 4.49 | Час | 1.3 |
| Ca-47/Sc-47 | 4.54 | дн. | 3.5 | Sn-125 | 9.64 | дн. | 2.3 |
| Sc-46 | 83.8 | дн. | 1.4 | Sb-122 | 2.7 | дн. | 2.2 |
| Sc-47 | 3.4 | дн. | 1.5 | Sb-124 | 60.2 | дн. | 2.2 |
| Cr-51 | 27.7 | дн. | 0.015 | Sb-126 | 12.4 | дн. | 1.8 |
| Mn-52 | 5.6 | дн. | 0.761 | Te-123m | 119.7 | дн. | 1.1 |
| Mn-54 | 312 | дн. | 0.062 | Te-132 | 3.26 | дн. | 0.78 |
| Mn-56 | 2.58 | Час | 2.4 | I-123 | 13.2 | Час | 0.38 |
| Fe-52 | 8.26 | Час | 1.1 | I-124 | 4.18 | дн. | 0.52 |
| Fe-55 | 2.68 | Лет | 0.016 | I-125 | 60.1 | дн. | 0.021 |
| Fe-59 | 44.5 | дн. | 0.97 | I-131 | 8 | дн. | 1.6 |
| Co-56 | 77.1 | дн. | 0.55 | Cs-131 | 9.69 | дн. | 0.01 |
| Co-57 | 271.8 | дн. | 0.12 | Cs-134 | 2.07 | Лет | 1.4 |
| Co-58 | 70.8 | дн. | 0.3 | Cs-137 | 30.2 | Лет | 1.6 |
| Co-60 | 5.27 | Лет | 0.78 | Ba-133 | 10.5 | Лет | 0.13 |
| Ni-63 | 100 | Лет | 0 | Ba-140/La-140 | 12.8 | дн. | 3.8 |
| Ni-65 | 2.52 | Час | 2.2 | La-140 | 1.7 | дн. | 2.1 |
| Cu-64 | 12.7 | Час | 1 | Ce-139 | 137.6 | дн. | 0.49 |
| Cu-67 | 2.58 | дн. | 1.3 | Ce-141 | 32.5 | дн. | 1.8 |
| Zn-65 | 243.9 | дн. | 0.076 | Ce-143 | 1.38 | дн. | 2 |
| Ga-66 | 9.45 | Час | 1.6 | Pr-143 | 13.6 | дн. | 1.7 |
| Ga-67 | 3.26 | дн. | 0.35 | Pm-147 | 2.6 | Лет | 0.6 |
| Ga-68 | 1.13 | Час | 1.8 | Sm-153 | 1.95 | дн. | 1.6 |
| As-76 | 1.1 | дн. | 2.1 | Eu-152 | 13.5 | Лет | 0.92 |
| Se-75 | 119.8 | дн. | 0.14 | Eu-154 | 8.59 | Лет | 2.1 |
| Br-77 | 2.38 | дн. | 0.01 | Eu-156 | 15.2 | дн. | 1.2 |
| Br-82 | 1.47 | дн. | 1.5 | Er-169 | 9.4 | дн. | 1.1 |
| Rb-87 | 18.64 | дн. | 1.9 | Yb-169 | 32 | дн. | 1 |
| Sr-85 | 64.8 | дн. | 0.06 | | | | |
| Sr-89 | 50.5 | дн. | 1.8 | | | | |

| Радионуклид | T _{1/2} | Ед. | CF ₈ [(мкЗв/час)/ (Бк/см ²)] |
|-------------|------------------|-----|---|
| Re-186 | 3.78 | дн. | 1.8 |
| Re-188 | 17 | Час | 2.3 |
| Ir-192 | 73.8 | дн. | 1.9 |
| Au-198 | 2.7 | дн. | 1.7 |
| Hg-197 | 2.67 | дн. | 0.092 |
| Hg-203 | 46.6 | дн. | 0.89 |
| Tl-201 | 3.04 | дн. | 0.27 |
| Tl-204 | 3.8 | Лет | 1.6 |
| Pb-210 | 22.2 | Лет | 0.0084 |

| Радионуклид | T _{1/2} | Ед. | CF ₈ [(мкЗв/час)/ (Бк/см ²)] |
|-------------|------------------|-----|---|
| Po-210 | 138.4 | дн. | 6.90E-07 |
| U-235 | 7.04E+08 | Лет | 0.18 |
| U-238 | 4.47E+09 | Лет | 2.30E-03 |
| Pu-238 | 87.7 | Лет | 3.70E-03 |
| Pu-239 | 2.41E+04 | Лет | 1.40E-03 |
| Am-241 | 432.7 | Лет | 0.019 |
| Cm-244 | 18.1 | Лет | 2.20E-03 |
| Cf-252 | 2.65 | Лет | 3.20E-03 |

Ссылка: [19].

CF₈ Коэффициент перехода мощности дозы бета-излучения на кожу; мощность дозы бета-излучения на кожу в расчете на единицу выпадений радионуклидов на кожу.

ПРИМЕЧАНИЕ

Мощность дозы на уровне базального слоя кожи (на глубине 70 мкм) обусловлена бета-излучением и электронами. Вклад гамма-излучения в формирование мощности дозы составляет всего несколько процентов. Предполагается, что загрязнение равномерно распределено на поверхности кожи (бесконечно тонким слоем).

| | | |
|-----------------------------|--------------------------------|-------------|
| Выполняется: | ИНСТРУКЦИЯ Д5 | |
| Специалистом- радиологом | ИНГАЛЯЦИЯ РАДИОНУКЛИДОВ | Стр. 1 из 5 |

Цель

Оценить ожидаемую эффективную дозу и эквивалентную дозу на щитовидную железу, обусловленную ингаляцией радиоактивного материала.

Обсуждение

Выброс радионуклидов в атмосферу приводит к формированию дозы, обусловленной внешним облучением и ингаляцией радионуклидов из проходящего шлейфа. При рассеянии радионуклиды могут выпадать на почву, что зависит от их физической формы. Радионуклиды могут подниматься с почвы обратно в атмосферу под воздействием ветра или механических факторов (ресупендирование). В настоящей инструкции обсуждаются только вопросы, связанные с ингаляцией радиоактивного материала.

Вводные данные

- Концентрация радионуклидов в воздухе
- Продолжительность ингаляции

Результат

- Ожидаемая эффективная доза от ингаляции
- Ожидаемая эквивалентная доза на щитовидную железу

Действие 1

Получите значения концентрации в воздухе главных компонентов, формирующих дозу на щитовидную железу, и значение эффективной дозы либо путем измерений в соответствии с Инструкциями [6], либо путем приблизительной оценки с помощью Инструкции Д5а.

Ожидаемая эффективная дозы от ингаляции

Действие 2

Оцените ожидаемую эффективную дозу от ингаляции, пользуясь следующим уравнением:

$$E_{inh} = \sum_{i=1}^n \bar{C}_{a,i} \cdot CF_{2,i} \cdot T_e$$

Где

$\bar{C}_{a,i}$ = Средняя концентрация радионуклида i в воздухе [кБк/м³]

$CF_{2,i}$ = Коэффициент перехода для радионуклида i из Таблицы Д6; предполагается, что интенсивность дыхания составляет 1.2 м³/час в соответствии с рекомендациями ICRP для взрослых, занятых легким физическим трудом [21]

E_{inh} = Ожидаемая эффективная доза от ингаляции [мЗв]

T_e = Время облучения от шлейфа [час]

Ожидаемая эквивалентная доза на щитовидную железу**Действие 3**

Оцените ожидаемую эквивалентную дозу на щитовидную железу, пользуясь уравнением:

$$H_{thy} = \sum_{i=1}^n \bar{C}_{a,i} \cdot CF_{1,i} \cdot T_e$$

Где:

H_{thy} = Ожидаемая эквивалентная доза на щитовидную железу [мЗв]

$CF_{1,i}$ = Коэффициент перехода для радионуклида i (теллур или йод) из Таблицы Д7; предполагается, что интенсивность дыхания составляет $1.5 \text{ м}^3/\text{час}$ и $1.12 \text{ м}^3/\text{час}$ в соответствии с рекомендациями ICRP для взрослых, занятых легким физическим трудом, и для детей в возрасте 10 лет [21].

ТАБЛИЦА Д6. ОЖИДАЕМАЯ ЭФФЕКТИВНАЯ ДОЗА ОТ ИНГАЛЯЦИИ ЗАГРЯЗНЕННОГО ВОЗДУХА В ТЕЧЕНИЕ 1 ЧАСА – ДЛЯ ВЗРОСЛЫХ

| Радионуклид | Коэффициент перехода CF_2 [(мЗв/час)/(кБк/м ³)] | Радионуклид | Коэффициент перехода CF_2 [(мЗв/час)/(кБк/м ³)] |
|------------------|--|-------------|--|
| H-3 ^a | 7.8E-04 | Ru-105 | 2.7E-04 |
| C-14 | 8.7E-03 | Ru-106 | 1.0E-01 |
| Na-22 | 2.0E-03 | Rh-103m | 4.1E-06 |
| Na-24 | 4.1E-04 | Rh-105 | 5.3E-04 |
| P-32 | 5.1E-03 | Rh-106 | 1.7E-04 |
| P-33 | 2.3E-03 | Ag-110m | 2.0E-02 |
| S-35 орг. | 2.9E-03 | Cd-109 | 1.2E-02 |
| S-35 неорг. | 2.1E-03 | Cd-113m | 1.7E-01 |
| Cl-36 | 1.1E-02 | Cd-115 | 1.7E-03 |
| K-40 | 3.2E-03 | In-113m | 3.0E-05 |
| K-42 | 1.8E-04 | In-114m | 1.4E-02 |
| Ca-45 | 5.6E-03 | In-115 | 5.9E-01 |
| Sc-44 | 2.7E-04 | In-115m | 8.9E-05 |
| Sc-46 | 1.0E-02 | Sn-113 | 4.1E-03 |
| Ti-44 | 2.0E-01 | Sn-123 | 1.2E-02 |
| V-48 | 3.6E-03 | Sn-126 | 4.2E-02 |
| Cr-51 | 5.6E-05 | Sb-124 | 1.3E-02 |
| Mn-54 | 2.4E-03 | Sb-126 | 4.8E-03 |
| Mn-56 | 1.8E-04 | Sb-126m | 3.0E-05 |
| Fe-55 | 1.2E-03 | Sb-127 | 2.9E-03 |
| Fe-59 | 6.0E-03 | Sb-129 | 3.8E-04 |
| Co-58 | 3.2E-03 | Sb-131 | 6.6E-05 |
| Co-60 | 4.7E-02 | Te-127 | 2.1E-04 |
| Ni-63 | 2.0E-03 | Te-127m | 1.5E-02 |
| Cu-64 | 1.8E-04 | Te-129 | 5.9E-05 |
| Zn-65 | 3.3E-03 | Te-129m | 1.2E-02 |
| Ga-68 | 7.4E-05 | Te-131 | 4.2E-05 |
| Ge-68 | 2.1E-02 | Te-131m | 1.4E-03 |
| Se-75 | 2.0E-03 | Te-132 | 3.0E-03 |
| Kr-85 | HP | I-125 | 7.7E-03 |
| Kr-85m | HP | I-129 | 5.4E-02 |
| Kr-87 | HP | I-131 | 1.1E-02 |
| Kr-88 | HP | I-132 | 1.7E-04 |
| Rb-86 | 1.4E-03 | I-133 | 2.3E-03 |
| Rb-87 | 7.5E-04 | I-134 | 8.3E-05 |
| Rb-88 | 2.4E-05 | I-135 | 4.8E-04 |
| Sr-89 | 1.2E-02 | Xe-131m | HP |
| Sr-90 | 2.4E-01 | Xe-133 | HP |
| Sr-91 | 6.2E-04 | Xe-133m | HP |
| Y-90 | 2.3E-03 | Xe-135 | HP |
| Y-91 | 1.3E-02 | Xe-135m | HP |
| Y-91m | 1.7E-05 | Xe-138 | HP |
| Zr-93 | 3.8E-02 | Cs-134 | 3.0E-02 |
| Zr-95 | 8.9E-03 | Cs-134m | 9.0E-05 |
| Zr-97 | 1.4E-03 | Cs-135 | 1.3E-02 |
| Nb-93m | 2.7E-03 | Cs-136 | 4.2E-03 |
| Nb-94 | 7.4E-02 | Cs-137 | 5.9E-02 |
| Nb-95 | 2.7E-03 | Cs-138 | 6.5E-05 |
| Nb-95m | 1.3E-03 | Ba-133 | 1.5E-02 |
| Nb-97 | 6.8E-05 | Ba-137m | HP |
| Mo-99 | 1.5E-03 | Ba-140 | 8.7E-03 |
| Tc-99 | 2.0E-02 | La-140 | 1.7E-03 |
| Tc-99m | 2.9E-05 | La-141 | 2.3E-04 |
| Ru-103 | 4.5E-03 | Ce-141 | 5.7E-03 |

| Радионуклид | Коэффициент перехода CF_2 [(мЗв/час)/(кБк/м ³)] |
|---------------|---|
| Ce-143 | 1.2E-03 |
| Ce-144 | 8.0E-02 |
| Pr-143 | 3.6E-03 |
| Pr-144 | 2.7E-05 |
| Pr-144m | NC |
| Pm-145 | 5.4E-03 |
| Pm-147 | 7.5E-03 |
| Nd-147 | 3.6E-03 |
| Sm-147 | 1.4E+01 |
| Sm-151 | 6.0E-03 |
| Eu-152 | 6.3E-02 |
| Eu-154 | 8.0E-02 |
| Eu-155 | 1.0E-02 |
| Gd-152 | 2.9E+01 |
| Gd-153 | 3.2E-03 |
| Tb-160 | 1.1E-02 |
| Ho-166m | 1.8E-01 |
| Tm-170 | 1.1E-02 |
| Yb-169 | 4.5E-03 |
| Hf-172 | 4.8E-02 |
| Hf-181 | 7.5E-03 |
| Ta-182 | 1.5E-02 |
| Re-187 | 9.5E-06 |
| W-187 | 2.9E-04 |
| Ir-192 | 9.9E-03 |
| Au-198 | 1.3E-03 |
| Hg-203 org. | 9.6E-04 |
| Hg-203 inorg. | 3.6E-03 |
| Tl-204 | 5.9E-04 |
| Pb-209 | 9.2E-05 |
| Pb-210 | 8.4E+00 |
| Pb-211 | 1.8E-02 |
| Pb-212 | 2.9E-01 |
| Pb-214 | 2.3E-02 |
| Bi-207 | 8.4E-03 |
| Bi-210 | 1.4E-01 |
| Bi-212 | 4.7E-02 |
| Bi-213 | 4.5E-02 |
| Bi-214 | 2.1E-02 |
| Po-210 | 6.5E+00 |
| Fr-223 | 1.3E-03 |
| Ra-223 | 1.3E+01 |
| Ra-224 | 5.1E+00 |
| Ra-225 | 1.2E+01 |
| Ra-226 | 1.4E+01 |
| Ra-228 | 2.4E+01 |
| Ac-225 | 1.3E+01 |
| Ac-227 | 8.1E+02 |
| Ac-228 | 3.8E-02 |
| Th-227 | 1.5E+01 |
| Th-228 | 6.0E+01 |
| Th-229 | 3.6E+02 |
| Th-230 | 1.5E+02 |
| Th-231 | 5.0E-04 |

| Радионуклид | Коэффициент перехода CF_2 [(мЗв/час)/(кБк/м ³)] |
|-----------------|---|
| Th-232 | 1.7E+02 |
| Th-234 | 1.2E-02 |
| Pa-231 | 2.1E+02 |
| Pa-233 | 5.9E-03 |
| Pa-234 | 6.0E-04 |
| U-232 | 5.6E+01 |
| U-233 | 1.4E+01 |
| U-234 | 1.4E+01 |
| U-235 | 1.3E+01 |
| U-236 | 1.3E+01 |
| U-238 | 1.2E+01 |
| U Dep&Nat | 1.2E+01 |
| U Enrich | 1.4E+01 |
| UF ₆ | 1.4E+01 |
| Np-237 | 7.5E+01 |
| Np-239 | 1.5E-03 |
| Pu-236 | 6.0E+01 |
| Pu-238 | 1.7E+02 |
| Pu-239 | 1.8E+02 |
| Pu-240 | 1.8E+02 |
| Pu-241 | 3.5E+00 |
| Pu-242 | 1.7E+02 |
| Am-241 | 1.4E+02 |
| Am-242 | 3.0E-02 |
| Am-242m | 1.4E+02 |
| Am-243 | 1.4E+02 |
| Cm-242 | 8.9E+00 |
| Cm-243 | 1.0E+02 |
| Cm-244 | 8.6E+01 |
| Cm-245 | 1.5E+02 |
| Cm-248 | 5.4E+02 |
| Cf-252 | 3.0E+01 |

Ссылка: [2].

а Показатель увеличен в 2 раза, чтобы учесть абсорбцию с кожи.

НР Не рассчитано.

ПРИМЕЧАНИЕ

Ожидаемую эффективную дозу на единицу поступления путем ингаляции для других возрастных групп можно найти в IAEA BSS [2]. В Таблице Д6 приведены наиболее высокие значения из IAEA BSS (консервативный подход); предполагается, что интенсивность дыхания составляет 1.5 м³/час (в соответствии с рекомендациями МКРЗ для взрослых, занятых легким физическим трудом [21]).

ТАБЛИЦА Д7. ОЖИДАЕМАЯ ЭКВИВАЛЕНТНАЯ ДОЗА НА ЩИТОВИДНУЮ ЖЕЛЕЗУ ОТ ИНГАЛЯЦИИ ЗАГРЯЗНЕННОГО ВОЗДУХА В ТЕЧЕНИЕ 1 ЧАСА

| Радионуклид | Коэффициент перехода CF_1 [(мЗв/час)/(кБк/м ³)] | |
|-------------|--|-------------|
| | Взрослые | Дети 10 лет |
| Te-131m | 2.0E-02 | 3.7E-02 |
| Te-132 | 3.8E-02 | 6.8E-02 |
| I-125 | 1.5E-01 | 2.5E-01 |
| I-129 | 1.1E+00 | 1.5E+00 |
| I-131 | 2.3E-01 | 4.1E-01 |
| I-132 | 2.1E-03 | 3.8E-03 |
| I-133 | 4.2E-02 | 8.3E-02 |
| I-134 | 3.9E-04 | 7.3E-04 |
| I-135 | 8.6E-03 | 1.7E-02 |

Ссылка: [22].

ПРИМЕЧАНИЕ

Для упрощения коэффициент перехода представлен как доза в мЗв, накопленная в течение 1 часа при вдыхании загрязненного воздуха с концентрацией 1 кБк/м³. В Таблице Д7 приведены наиболее высокие значения для каждого аэрозоля [21] (консервативный подход). Предполагается, что интенсивность дыхания составляет 1.5 м³/час для взрослых и 1.12 м³/час для детей в возрасте 10 лет соответственно (в соответствии с рекомендациями МКРЗ для лиц, занятых легким физическим трудом [21]).

| | | |
|-----------------------------|--|-------------|
| Выполняется: | ИНСТРУКЦИЯ Д5а | |
| Специалистом- радиологом | ОЦЕНКА КОНЦЕНТРАЦИИ РАДИОНУКЛИДОВ В ВОЗДУХЕ | Стр. 1 из 6 |

Цель

Оценить концентрацию радионуклидов в воздухе на основании данных о скорости их выброса.

Обсуждение

При выбросе радионуклидов в атмосферу происходит их рассеяние. Концентрация радионуклидов на уровне земли на определенном расстоянии от места выброса зависит от выброшенного количества радионуклидов, высоты расположения точки выброса, местных погодных условий, температуры выброса, осадения на землю, физической и химической формы выброшенного материала и других факторов.

Наилучший способ оценки концентрации радионуклидов в воздухе – это их измерение. Но при отсутствии возможности измерений представленный в данном разделе метод позволяет дать грубую оценку. Метод дает достоверные результаты ТОЛЬКО в том случае, если:

- i. скорость выброса, направление ветра и скорость ветра постоянны
- ii. погодные и наземные условия просты
- iii. точка выброса расположена на уровне земли
- iv. нет дождя
- v. есть только одна точка выброса

Вводные данные

- Скорость выброса
- Средняя скорость ветра

Результат

- Концентрация радионуклидов в воздухе

Действие 1

Оцените концентрацию радионуклида i в воздухе, пользуясь следующим уравнением:

$$C_{a,i} = \frac{Q_i \cdot DF_m}{\bar{u}}$$

где:

$C_{a,i}$ = Концентрация радионуклида i в воздухе [кБк/м³]

Q_i = Скорость выброса радионуклида i [кБк/сек]

\bar{u} = Средняя скорость ветра [м/сек]

DF_m = Коэффициент ослабления из Таблицы Д8 для определенного расстояния от точки выброса [м⁻²]; для расстояний менее 0.5 км используйте Рисунок Д1, однако при этом расчеты будут весьма приблизительными (эффект кильватера зданий)

ПРИМЕЧАНИЕ

Таблицей Д9 можно пользоваться для определения класса стабильности, а таблицей Д10 – для грубой оценки скорости ветра (при отсутствии измеренных показателей).

ТАБЛИЦА Д8. КОЭФФИЦИЕНТЫ ОСЛАБЛЕНИЯ [м⁻²]

| Расстояние ^b [км] | Класс стабильности ^a | | | | | |
|---------------------------------|---------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | A | B | C | D | E | F |
| ≤ 0.5 ^c | 5.7E-04 | 6.6E-04 | 7.2E-04 | 7.9E-04 | 8.4E-04 | 8.9E-04 |
| 1 | 3.3E-05 | 7.9E-05 | 1.3E-04 | 2.4E-04 | 3.4E-04 | 5.0E-04 |
| 2 | 9.2E-07 | 4.3E-06 | 1.3E-05 | 4.2E-05 | 8.6E-05 | 2.0E-04 |
| 3 | 7.3E-07 | 1.8E-06 | 5.9E-06 | 2.3E-05 | 4.6E-05 | 1.1E-04 |
| 4 | 5.6E-07 | 1.0E-06 | 3.4E-06 | 1.6E-05 | 3.2E-05 | 7.8E-05 |
| 5 | 4.4E-07 | 6.2E-07 | 2.1E-06 | 1.1E-05 | 2.4E-05 | 5.7E-05 |
| 10 | 2.6E-07 | 3.5E-07 | 7.2E-07 | 4.0E-06 | 9.1E-06 | 2.4E-05 |
| 15 | 1.8E-07 | 2.4E-07 | 3.5E-07 | 2.3E-06 | 5.6E-06 | 1.4E-05 |
| 20 | 1.4E-07 | 1.8E-07 | 2.5E-07 | 1.4E-06 | 3.6E-06 | 9.2E-06 |
| 25 | 1.2E-07 | 1.5E-07 | 2.0E-07 | 9.6E-07 | 2.5E-06 | 6.8E-06 |
| 30 | 1.0E-07 | 1.2E-07 | 1.8E-07 | 7.7E-07 | 2.1E-06 | 5.5E-06 |

Ссылка: Значения для 0.5 км базируются на интерполяции данных из документа [22], Рисунки 5-7, стр. 25-27; прочие, [23], Рисунки 3-5а-3-5f.

^a Типы турбулентности Паскаля. Коэффициенты разведения даны для центральной линии выброса на уровне земли при вертикальной дисперсии на 1000 м.

^b Расстояние по направлению ветра по центральной линии шлейфа.

^c Эти коэффициенты определяются эффектом кильватера зданий; в этой таблице предполагается, что они постоянны и не зависят от класса стабильности.

ТАБЛИЦА Д9. ВЗАИМОСВЯЗЬ МЕЖДУ КЛАССОМ СТАБИЛЬНОСТИ И ПОГОДНЫМИ УСЛОВИЯМИ

| Скорость ветра на поверхности земли [м/сек] | Инсоляция в дневное время (солнечная радиация) | | | Условия в ночное время ^a | | День или ночь |
|---|--|-----------|--------|-------------------------------------|------------------|---------------------|
| | Сильная | Умеренная | Слабая | Облачность легкая или > 4/8 | Облачность ≤ 3/8 | Сплошная облачность |
| < 2 | A | A-B | B | - | - | D |
| 2 | A-B | B | C | E | F | D |
| 4 | B | B-C | C | D | E | D |
| 6 | C | C-D | D | D | D | D |
| > 6 | C | D | D | D | D | D |

Ссылка: [23], стр. 591.

^a Степень облачности определяется как закрытая облаками часть неба выше местной линии горизонта.

ТАБЛИЦА Д10. ВЗАИМОСВЯЗЬ МЕЖДУ ПОГОДНЫМИ УСЛОВИЯМИ И СКОРОСТЬЮ ВЕТРА

| Наблюдения | Скорость ветра [м/сек] |
|---|------------------------|
| Дым поднимается вертикально | 0.3 |
| Дым отклоняется по ветру, но ветер не ощущается на лице | 1 |
| Ветер ощущается на лице, шуршат листья, вращаются лопасти флюгера | 2 – 3 |
| Листья и ветви деревьев в постоянном движении, ветер развеивает флаги | 4 – 5 |
| Ветер поднимает пыль, гонит бумагу, мелкие ветки | 6 – 7 |
| Небольшие, покрытые листьями, деревья начинают раскачиваться | 8 – 9 |
| Крупные ветви в постоянном движении, свистят провода | 10 – 12 |
| Целые деревья в постоянном движении | 13 – 15 |
| Ветки обламываются с деревьев; продвижение вперед затруднено | 16 – 18 |
| Случаются небольшие повреждения строений | 19 – 21 |
| Деревья выворачиваются с корнем, происходят значительные повреждения строений | 22 – 25 |
| Повсеместные разрушения (случается редко) | > 25 |

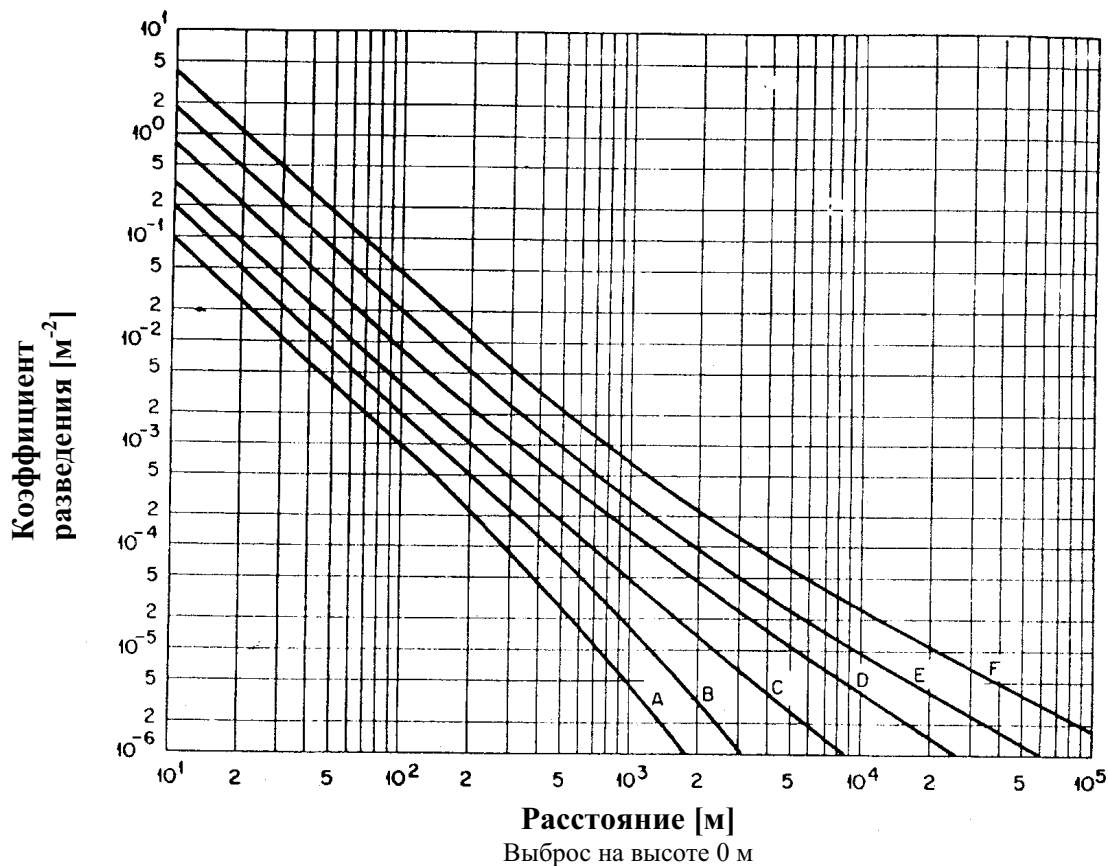


РИС. Д1. Коэффициент разведения как функция расстояния по направлению ветра

Ссылка: [24].

Скорость выброса с пламенем

В этом действии для оценки скорости выброса радиоактивного материала используется показатель общей активности пламени. Фильтры, конденсаторы и другие механизмы, уменьшающие выброс газов, не относящихся к инертным, не принимаются в расчет. Этот метод обеспечивает получение обоснованных значений верхней границы для большинства аварий с радиоактивным материалом.

Действие 1

Оцените скорость выброса, применяя приведенную ниже формулу:

$$Q_i = \frac{A_i \cdot FRF_i}{T_r}$$

Где:

A_i = Активность радионуклида i присутствующего в пламени [кБк]

FRF_i = Фракция выброса с пламенем радионуклида i из Таблицы Д11, если форма вещества неизвестна, или из Таблицы Д12, если форма вещества известна

T_r = Продолжительность выброса [сек]

ТАБЛИЦА Д11. ФРАКЦИЯ ВЫБРОСА С ПЛАМЕНЕМ (FRF) В ЗАВИСИМОСТИ ОТ РАДИОНУКЛИДА

Эта таблица позволяет оценить фракцию радионуклида, который был выброшен с пламенем.

$FRF = \text{Активность выброшенная (кБк)} / \text{Активность материала в огне (кБк)}$

| Радионуклид | FRF ^a | Радионуклид | FRF ^a |
|-------------|------------------|-------------|------------------|
| H-3 (газ) | 5.E-01 | Se-75 | 1.E-02 |
| C-14 | 1.E-02 | Kr-85 | 1.E+00 |
| Na-22 | | Kr-85m | |
| Na-24 | | Kr-87 | |
| P-32 | | Kr-88 | |
| P-33 | 5.E-01 | Rb-86 | 1.E-02 |
| S-35 | | Rb-87 | |
| Cl-36 | | Rb-88 | |
| K-40 | | Sr-89 | |
| K-42 | | Sr-90 | |
| Ca-45 | | Sr-91 | |
| Sc-46 | | Y-90 | |
| Ti-44 | 1.E-02 | Y-91 | |
| V-48 | | Y-91m | |
| Cr-51 | | Zr-93 | |
| Mn-54 | | Zr-95 | |
| Mn-56 | | Nb-94 | |
| Fe-55 | | Nb-95 | |
| Co-58 | | Mo-99 | |
| Fe-59 | | Tc-99 | |
| Co-60 | | Tc-99m | |
| Ni-63 | | Ru-103 | |
| Cu-64 | Ru-105 | | |

| Радионуклид | FRF ^a | Радионуклид | FRF ^a |
|-------------|------------------|-------------|------------------|
| Zn-65 | | Rh-106 | |
| Ga-68 | HP | Ru-106 | |
| Ge-68 | | Ag-110m | |
| Cd-109 | | Xe-138 | 1.E+00 |
| Cd-113m | | Cs-134 | |
| In-114m | | Cs-135 | |
| Sn-113 | | Cs-136 | |
| Sn-123 | | Cs-137 | |
| Sn-126 | | Cs-138 | |
| Sb-124 | | Ba-133 | |
| Sb-126 | | Ba-137m | |
| Sb-126m | 1.E-02 | Ba-140 | |
| Sb-127 | | La-140 | 1.E-02 |
| Sb-129 | | Ce-141 | |
| Te-127 | | Ce-144 | |
| Te-127m | | Pr-144 | |
| Te-129 | | Pr-144m | |
| *Te-129m | | Pm-145 | |
| Te-131 | | Pm-147 | |
| Te-131m | | Sm-147 | |
| Te-132 | | Sm-151 | |
| I-125 | 5.E-01 | Eu-152 | |
| I-129 | | Eu-154 | |
| I-131 | | Eu-155 | |
| I-132 | 5.E-01 | Gd-153 | |
| I-133 | | Tb-160 | |
| I-134 | | Ho-166m | 1.E-02 |
| I-135 | | Tm-170 | |
| Xe-131m | | Yb-169 | |
| Xe-133 | | Hf-172 | |
| Xe-133m | 1.E+00 | Hf-181 | |
| Xe-135 | | Ta-182 | 1.E-03 |
| Xe-135m | | W-187 | 1.E-02 |
| Ir-192 | 1.E-03 | U-232 | |
| Au-198 | | U-233 | |
| Hg-203 | | U-234 | |
| Tl-204 | | U-235 | |
| Pb-210 | 1.E-02 | U-236 | |
| Bi-207 | | U-238 | |
| Bi-210 | | Np-237 | |
| Po-210 | | Np-239 | |
| Ra-226 | | Pu-236 | 1.E-03 |
| Ac-227 | | Pu-238 | |
| Ac-228 | | Pu-239 | |
| Th-227 | | Pu-240 | |
| Th-228 | 1.E-03 | Pu-241 | |
| Th-230 | | Pu-242 | |
| Th-231 | | Am-241 | |
| Th-232 | | Am-242m | |
| Pa-231 | | Am-243 | |
| Pa-233 | | | |

Ссылка: [25]

Показатели для радионуклидов, не перечисленных в [25], взяты из [26,] Таблица 3.7 STCP Группы радионуклидов, стр. 12.

ТАБЛИЦА Д12. ФРАКЦИЯ ВЫБРОСА С ПЛАМЕНЕМ (FRF) В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ФОРМЫ ВЕЩЕСТВА

| Форма вещества | FRF ^a |
|--|------------------|
| Инертный газ | 1.0 |
| Очень мобильная форма (например, частицы, осевшие на горящем веществе) | 1.0 |
| Летучие и горючие смеси | 0.5 |
| Уголь | 0.01 |
| Полулетучие смеси | 0.01 |
| Нелетучие порошки | 0.001 |
| Металлический уран и плутоний | 0.001 |
| Нелетучие вещества в самовозгорающихся жидкостях | 0.005 |
| Нелетучие вещества в негорючих жидкостях | 0.001 |
| Нелетучие твердые вещества | 0.0001 |

Ссылка: [25].

| | | |
|-------------------------|--------------------------------|-------------|
| Выполняется: | ИНСТРУКЦИЯ Д6 | Стр. 1 из 3 |
| Специалистом-радиологом | ПЕРОРАЛЬНОЕ ПОСТУПЛЕНИЕ | |

Цель

Оценить ожидаемую эффективную дозу от перорального поступления внутрь организма загрязненных продуктов питания или почвы.

Обсуждение

Концентрации радионуклидов в продуктах питания и молоке могут быть изменены в результате действия некоторых природных и опосредованных человеком механизмов.

Вводные данные

- Концентрация радионуклидов в продуктах питания, воде или молоке
- Концентрация радионуклидов в почве
- Время перорального поступления

Результат

- Ожидаемая эффективная доза от перорального поступления

Действие 1

Получите значения концентрации радионуклидов в пробах продуктов питания или почвы, пользуясь документом [6].

Действие 2

Рассчитайте ожидаемую эффективную дозу от перорального поступления продуктов питания или почвы при помощи уравнения:

$$E_{\text{ing}} = \sum_{i=1}^n C_{f,i} \cdot U_f \cdot DI_{f,i} \cdot CF_{5,i}$$

Где:

E_{ing} = Ожидаемая эффективная доза от перорального поступления [мЗв]

$C_{f,i}$ = Концентрация радионуклида i в продукте f после обработки или в почве [кБк/кг]

U_f = Масса продукта f , потребляемая данной группой населения ежедневно. Для почвы максимальный показатель перорального поступления у взрослых составляет примерно 100 мг/день, в среднем – примерно 25 мг/день; максимальное потребление у детей составляет примерно 500 мг/день, в среднем – 100 мг/день; [кг/день или л/день]

$CF_{5,i}$ = Коэффициент перехода из Таблицы Д13 [мЗв/кБк]; ожидаемая эффективная доза от перорального поступления на единицу поступления радионуклида i

$DI_{f,i}$ = Сроки поступления [дни]; период, в течение которого предполагается потребление продукта; при $T_{1/2} > 21$ дня – примените 30 дней; при $T_{1/2} < 21$ дня – примените среднюю продолжительность жизни радионуклида (T_m)

$$T_m = T_{1/2} \cdot 1.44$$

где $T_{1/2}$ – период полураспада

ПРИМЕЧАНИЕ

Возрастные коэффициенты перехода к дозе можно найти в [2].

Действие 3

Повторите действие 2 для любого продукта или возрастной группы.

Действие 4

Суммируйте результаты для расчета общей ожидаемой эффективной дозы, обусловленной пероральным поступлением.

ТАБЛИЦА Д13. ОЖИДАЕМАЯ ЭФФЕКТИВНАЯ ДОЗА ОТ ПЕРОРАЛЬНОГО ПОСТУПЛЕНИЯ НА ЕДИНИЦУ ПОСТУПЛЕНИЯ РАДИОНУКЛИДА – КОЭФФИЦИЕНТЫ ПЕРЕХОДА К ДОЗЕ ОТ ПЕРОРАЛЬНОГО ПОСТУПЛЕНИЯ ДЛЯ ВЗРОСЛЫХ

| Радионуклид | Коэффициент перехода CF_5 [мЗв/кБк] | Радионуклид | Коэффициент перехода CF_5 [мЗв/кБк] |
|-------------|--|-------------|--|
| H-3 | 1.8E-05 | Zr-95 | 9.5E-04 |
| C-14 | 5.8E-04 | Zr-97 | 2.1E-03 |
| Na-22 | 3.2E-03 | Nb-93m | 1.2E-04 |
| Na-24 | 4.3E-04 | Nb-94 | 1.7E-03 |
| P-32 | 2.4E-03 | Nb-95 | 5.9E-04 |
| P-33 | 2.4E-04 | Nb-95m | 5.7E-04 |
| S-35 орг. | 7.7E-04 | Nb-97 | 6.9E-05 |
| S-35 неорг. | 1.3E-04 | Mo-99 | 6.0E-04 |
| Cl-36 | 9.3E-04 | Tc-99 | 6.4E-04 |
| K-40 | 6.2E-03 | Tc-99m | 2.2E-05 |
| K-42 | 4.3E-04 | Ru-103 | 7.3E-04 |
| Ca-45 | 7.1E-04 | Ru-105 | 2.6E-04 |
| Sc-44 | 3.5E-04 | Ru-106 | 7.0E-03 |
| Sc-46 | 1.5E-03 | Rh-103m | 3.8E-06 |
| Ti-44 | 5.8E-03 | Rh-105 | 3.7E-04 |
| V-48 | 2.0E-03 | Rh-106 | 1.6E-04 |
| Cr-51 | 3.8E-05 | Ag-110m | 2.8E-03 |
| Mn-54 | 7.1E-04 | Cd-109 | 2.0E-03 |
| Mn-56 | 2.6E-04 | Cd-113m | 0.0E+00 |
| Fe-55 | 3.3E-04 | Cd-115 | 1.4E-03 |
| Fe-59 | 1.8E-03 | In-113m | 2.8E-05 |
| Co-58 | 7.4E-04 | In-114m | 4.1E-03 |
| Co-60 | 3.4E-03 | In-115 | 3.2E-02 |
| Ni-63 | 1.5E-04 | In-115m | 8.6E-05 |
| Cu-64 | 1.2E-04 | Sn-113 | 7.4E-04 |
| Zn-65 | 3.9E-03 | Sn-123 | 2.1E-03 |
| Ga-68 | 1.0E-04 | Sn-126 | 4.8E-03 |
| Ge-68 | 1.3E-03 | Sb-124 | 2.6E-03 |
| Se-75 | 2.6E-03 | Sb-126 | 2.5E-03 |
| Kr-85 | 0.0E+00 | Sb-126m | 3.6E-05 |
| Kr-85m | 0.0E+00 | Sb-127 | 1.7E-03 |
| Kr-87 | 0.0E+00 | Sb-129 | 4.2E-04 |
| Kr-88 | 0.0E+00 | Sb-131 | 1.0E-04 |
| Rb-86 | 2.8E-03 | Te-127 | 1.7E-04 |
| Rb-87 | 1.5E-03 | Te-127m | 2.3E-03 |
| Rb-88 | 9.0E-05 | Te-129 | 6.3E-05 |
| Sr-89 | 2.6E-03 | Te-129m | 3.0E-03 |
| Sr-90 | 2.8E-02 | Te-131 | 8.7E-05 |
| Sr-91 | 6.5E-04 | Te-131m | 1.9E-03 |
| Y-90 | 2.7E-03 | Te-132 | 3.8E-03 |
| Y-91 | 2.4E-03 | I-125 | 1.5E-02 |
| Y-91m | 1.2E-05 | I-129 | 1.1E-01 |
| Zr-93 | 1.1E-03 | I-131 | 2.2E-02 |

| Радионуклид | Коэффициент перехода CF_5 [мЗв/кБк] |
|---------------|--|
| I-132 | 2.9E-04 |
| I-133 | 4.3E-03 |
| I-134 | 1.1E-04 |
| I-135 | 9.3E-04 |
| Xe-131m | 0.0E+00 |
| Xe-133 | 0.0E+00 |
| Xe-133m | 0.0E+00 |
| Xe-135 | 0.0E+00 |
| Xe-135m | 0.0E+00 |
| Xe-138 | 0.0E+00 |
| Cs-134 | 1.9E-02 |
| Cs-134m | 2.0E-05 |
| Cs-135 | 2.0E-03 |
| Cs-136 | 3.1E-03 |
| Cs-137 | 1.3E-02 |
| Cs-138 | 9.2E-05 |
| Ba-133 | 1.5E-03 |
| Ba-137m | 0.0E+00 |
| Gd-153 | 2.7E-04 |
| Tb-160 | 1.6E-03 |
| Ho-166m | 2.0E-03 |
| Tm-170 | 1.3E-03 |
| Yb-169 | 7.1E-04 |
| Hf-172 | 1.0E-03 |
| Hf-181 | 1.1E-03 |
| Ta-182 | 1.5E-03 |
| Re-187 | 5.1E-06 |
| W-187 | 6.3E-04 |
| Ir-192 | 1.4E-03 |
| Au-198 | 1.0E-03 |
| Hg-203 орг. | 1.9E-03 |
| Hg-203 неорг. | 5.4E-04 |
| Tl-204 | 1.3E-03 |
| Pb-209 | 5.7E-05 |
| Pb-210 | 6.9E-01 |
| Pb-211 | 1.8E-04 |
| Pb-212 | 6.0E-03 |
| Pb-214 | 1.5E-04 |
| Bi-207 | 1.3E-03 |
| Bi-210 | 1.3E-03 |
| Bi-212 | 2.6E-04 |
| Bi-213 | 2.0E-04 |
| Bi-214 | 1.1E-04 |
| Po-210 | 1.2E+00 |
| Fr-223 | 2.3E-03 |
| Ra-223 | 1.0E-01 |
| Ra-224 | 6.5E-02 |
| Ra-225 | 9.9E-02 |
| Ra-226 | 2.8E-01 |
| Ra-228 | 6.9E-01 |
| Ac-225 | 2.4E-02 |
| Ac-227 | 1.1E+00 |
| Ac-228 | 4.3E-04 |
| Th-227 | 8.8E-03 |
| Th-228 | 7.2E-02 |
| Th-229 | 4.9E-01 |
| Th-230 | 2.2E-01 |
| Th-231 | 3.4E-04 |

| Радионуклид | Коэффициент перехода CF_5 [мЗв/кБк] |
|----------------|--|
| Ba-140 | 2.6E-03 |
| La-140 | 2.0E-03 |
| La-141 | 3.6E-04 |
| Ce-141 | 7.1E-04 |
| Ce-143 | 1.1E-03 |
| Ce-144 | 5.2E-03 |
| Pr-143 | 1.2E-03 |
| Pr-144 | 5.1E-05 |
| Pr-144m | 0.0E+00 |
| Pm-145 | 1.1E-04 |
| Pm-147 | 2.6E-04 |
| Nd-147 | 1.1E-03 |
| Sm-147 | 4.9E-02 |
| Sm-151 | 9.8E-05 |
| Eu-152 | 1.4E-03 |
| Eu-154 | 2.0E-03 |
| Eu-155 | 3.2E-04 |
| Gd-152 | 4.1E-02 |
| Th-232 | 2.3E-01 |
| Th-234 | 3.4E-03 |
| Pa-231 | 7.1E-01 |
| Pa-233 | 8.8E-04 |
| Pa-234 | 5.1E-04 |
| U-232 | 3.3E-01 |
| U-233 | 5.0E-02 |
| U-234 | 4.9E-02 |
| U-235 | 4.6E-02 |
| U-236 | 4.6E-02 |
| U-238 | 4.4E-02 |
| U обедн./прир. | 4.4E-02 |
| U обогащ. | 4.9E-02 |
| UF6 | 4.9E-02 |
| Np-237 | 1.1E-01 |
| Np-239 | 8.0E-04 |
| Pu-236 | 8.6E-02 |
| Pu-238 | 2.3E-01 |
| Pu-239 | 2.5E-01 |
| Pu-240 | 2.5E-01 |
| Pu-241 | 4.7E-03 |
| Pu-242 | 2.4E-01 |
| Am-241 | 2.0E-01 |
| Am-242 | 3.0E-04 |
| Am-242m | 1.9E-01 |
| Am-243 | 2.0E-01 |
| Cm-242 | 1.3E-02 |
| Cm-243 | 1.5E-01 |
| Cm-244 | 1.2E-01 |
| Cm-245 | 3.0E-01 |
| Cm-248 | 1.1E+00 |
| Cf-252 | 9.0E-02 |

Ссылка: [2].

ПРИМЕЧАНИЕ

Коэффициенты перехода к дозе от перорального поступления для других возрастных групп можно найти в IAEA BSS [2].

| | | |
|-------------------------------------|---------------------------|--------------------|
| <i>Выполняется:</i> | ИНСТРУКЦИЯ Д7 | |
| <i>Специалистом- радиологом</i> | ИММЕРСИЯ В ВОЗДУХЕ | <i>Стр. 1 из 3</i> |

Цель

Оценить эффективную дозу от внешнего облучения γ -излучающими радионуклидами в радиоактивном шлейфе.

Обсуждение

Прямым путем облучения для γ -излучающих радионуклидов является внешняя доза γ -излучения на все тело от радиоактивного материала, содержащегося в шлейфе.

Оценка внешнего γ -облучения за счет иммерсии в загрязненном воздухе позволяет получить консервативные показатели воздействия проходящего шлейфа.

Вводные данные

- Средняя концентрация радионуклидов в воздухе
- Продолжительность облучения

Результат

- Эффективная доза от внешнего облучения за счет γ -излучения радионуклидов, содержащихся в шлейфе

Действие 1

Оцените дозу от радионуклидов в воздухе, пользуясь следующим выражением:

$$E_{\text{ext}} = T_e \cdot \sum_i \bar{C}_{a,i} \cdot CF_{9,i}$$

Где:

E_{ext} = Эффективная доза от внешнего облучения за счет иммерсии в загрязненном воздухе [мЗв]

$\bar{C}_{a,i}$ = Средняя концентрация радионуклида i в воздухе [кБк/м³]

$CF_{9,i}$ = Коэффициент перехода для радионуклида i из Таблицы Д14

T_e = Продолжительность облучения [час]

ТАБЛИЦА Д14. КОЭФФИЦИЕНТЫ ПЕРЕХОДА ДЛЯ ВНЕШНЕГО ГАММА-ОБЛУЧЕНИЯ ОТ СОДЕРЖАЩИХСЯ В ВОЗДУХЕ РАДИОНУКЛИДОВ

| Радионуклид | CF _γ [(мЗв/час)/(кБк/м ³)] | Радионуклид | CF _γ [(мЗв/час)/(кБк/м ³)] |
|-------------|--|------------------------|--|
| H-3 | 0.0E+00 | Tc-99m | 2.8E-05 |
| C-14 | 0.0E+00 | Ru-103 | 1.0E-04 |
| Na-22 | 4.8E-04 | Ru-105 | 1.7E-04 |
| Na-24 | 1.0E-03 | Ru/Rh-106 ^a | 4.4E-05 |
| P-32 | 0.0E+00 | Pd-109 | 1.4E-07 |
| P-33 | 0.0E+00 | Ag-110m | 5.9E-04 |
| S-35 | 0.0E+00 | Cd-109 | 4.8E-07 |
| Cl-36 | 1.8E-12 | Cd-113m | 0.0E+00 |
| K-40 | 3.4E-05 | In-114m | 1.9E-05 |
| K-42 | 6.3E-05 | Sn-113 | 1.8E-06 |
| Ca-45 | 3.4E-15 | Sn-123 | 1.5E-06 |
| Sc-46 | 4.4E-04 | Sn-125 | 6.7E-05 |
| Ti-44 | 2.8E-05 | Sn-126 | 1.0E-05 |
| V-48 | 6.3E-04 | Sb-124 | 4.1E-04 |
| Cr-51 | 6.7E-06 | Sb-126 | 5.9E-04 |
| Mn-54 | 1.9E-04 | Sb-127 | 1.4E-04 |
| Mn-56 | 4.1E-04 | Sb-129 | 3.2E-04 |
| Fe-55 | 4.8E-09 | Te-127m | 6.7E-07 |
| Fe-59 | 2.6E-04 | Te-129 | 1.1E-05 |
| Co-58 | 2.1E-04 | Te-129m | 7.4E-06 |
| Co-60 | 5.6E-04 | Te-131m | 3.1E-04 |
| Ni-63 | 0.0E+00 | Te-132 | 4.4E-05 |
| Cu-64 | 4.1E-05 | Te-134 | 1.9E-04 |
| Zn-65 | 1.3E-04 | I-125 | 2.3E-06 |
| Ge-68 | 1.9E-08 | I-129 | 1.8E-06 |
| Se-75 | 8.5E-05 | I-131 | 8.1E-05 |
| Kr-85 | 4.8E-07 | I-132 | 5.2E-04 |
| Kr-85m | 3.4E-05 | I-133 | 1.3E-04 |
| Kr-87 | 1.9E-04 | I-134 | 5.9E-04 |
| Kr-88 | 4.8E-04 | I-135 | 3.5E-04 |
| Kr-89 | 4.4E-04 | Xe-131m | 1.8E-06 |
| Rb-86 | 2.1E-05 | Xe-133 | 7.4E-06 |
| Rb-88 | 1.5E-04 | Xe-133m | 6.3E-06 |
| Rb-89 | 4.8E-04 | Xe-135 | 5.2E-05 |
| Sr-89 | 3.0E-08 | Xe-135m | 9.3E-05 |
| Sr-90 | 0.0E+00 | Xe-137 | 4.1E-05 |
| Sr-91 | 1.5E-04 | Xe-138 | 2.6E-04 |
| Y-90 | 0.0E+00 | Cs-134 | 3.4E-04 |
| Y-91 | 7.8E-07 | Cs-136 | 4.8E-04 |
| Zr-93 | 0.0E+00 | Cs/Ba-137 ^a | 1.3E-04 |
| Zr-95 | 1.6E-04 | Cs-138 | 5.2E-04 |
| Zr-97 | 4.1E-05 | Ba-133 | 7.8E-05 |
| Nb-94 | 3.4E-04 | Ba-139 | 7.8E-06 |
| Nb-95 | 1.7E-04 | Ba-140 | 4.1E-05 |
| Mo-99 | 3.4E-05 | La-140 | 5.2E-04 |
| Tc-99 | 1.1E-10 | La-141 | 9.3E-06 |

| Радионуклид | CF ₉ [(мЗв/час)/(кБк/м ³)] |
|------------------------|--|
| La-142 | 6.7E-04 |
| Ce-141 | 1.6E-05 |
| Ce-143 | 5.6E-05 |
| Ce-144 | 3.7E-06 |
| Ce/Pr-144 ^a | 1.1E-05 |
| Nd-147 | 2.8E-05 |
| Pm-145 | 3.5E-06 |
| Pm-147 | 7.8E-10 |
| Pm-149 | 2.5E-06 |
| Pm-151 | 7.0E-05 |
| Sm-151 | 1.9E-10 |
| Eu-152 | 2.5E-04 |
| Eu-154 | 2.7E-04 |
| Eu-155 | 1.2E-05 |
| Gd-153 | 1.9E-05 |
| Tb-160 | 2.4E-04 |
| Ho-166m | 3.5E-04 |
| Tm-170 | 1.0E-06 |
| Yb-169 | 5.9E-05 |
| Hf-181 | 1.1E-04 |
| Ta-182 | 2.8E-04 |
| W-187 | 1.0E-04 |
| Ir-192 | 1.7E-04 |
| Au-198 | 8.5E-05 |
| Hg-203 | 4.8E-05 |
| Tl-204 | 2.1E-07 |
| Pb-210 | 2.8E-07 |
| Bi-207 | 3.4E-04 |
| Bi-210 | 0.0E+00 |
| Po-210 | 1.9E-09 |
| Ra-226 | 1.4E-06 |
| Ac-227 | 2.7E-08 |
| Ac-228 | 2.0E-04 |
| Th-227 | 2.2E-05 |
| Th-228 | 4.1E-07 |
| Th-230 | 8.1E-08 |
| Th-232 | 4.1E-08 |
| Pa-231 | 6.3E-06 |
| U-232 | 5.6E-08 |
| U-233 | 5.2E-08 |
| U-234 | 3.2E-08 |
| U-235 | 3.3E-05 |
| U-236 | 2.6E-08 |
| U-238 | 2.2E-08 |
| U-240 | 1.5E-07 |
| Np-237 | 4.8E-06 |
| Np-239 | 3.6E-05 |
| Pu-236 | 2.5E-08 |
| Pu-238 | 1.9E-08 |
| Pu-239 | 1.7E-08 |

| Радионуклид | CF ₉ [(мЗв/час)/(кБк/м ³)] |
|-------------|--|
| Pu-240 | 1.8E-08 |
| Pu-241 | 0.0E+00 |
| Pu-242 | 1.6E-08 |
| Am-241 | 4.1E-06 |
| Am-242m | 1.0E-07 |
| Am-243 | 1.1E-05 |
| Cm-242 | 2.1E-08 |
| Cm-243 | 2.7E-05 |
| Cm-244 | 1.8E-08 |
| Cm-245 | 1.5E-05 |
| Cm-246 | 1.5E-08 |
| Cf-252 | 1.6E-08 |

Ссылка: [16].

^a Доля короткоживущих дочерних радионуклидов включена в коэффициенты для исходных радионуклидов.

ПРИМЕЧАНИЕ

Значения показателей даны с допущением, что шлейф имеет правильную форму, приближающуюся к полубесконечному облаку.

| | | |
|--|--------------------------|--------------------|
| <i>Выполняется:</i> <i>Специалистом- радиологом</i> | ИНСТРУКЦИЯ Д8 | <i>Стр. 1 из 2</i> |
| | РАСЧЕТ АКТИВНОСТИ | |

Цель

Расчитать активность радионуклида в определенный момент времени или рассчитать активность радиоактивного материала, если известна его масса.

Обсуждение

Зная период полураспада радионуклида и его активность в определенный момент времени, можно рассчитать активность данного радионуклида в любой момент более позднего времени. Зная удельную активность радионуклида, можно значение массы радиоактивного материала преобразовать в значение его активности.

Вводные данные

- Период полураспада радионуклида
- Активность в определенный момент времени
- Масса радиоактивного материала
- Атомная масса радионуклида

Результат

- Активность радионуклида в определенный более поздний момент времени
- Активность радиоактивного материала

Активность в определенный момент времени

Расчитайте активность в определенный момент времени, пользуясь следующим уравнением:

$$A_t = A_o \cdot 0.5^{\left(\frac{\Delta t}{T_{1/2}}\right)}$$

Где:

A_o = Активность в момент времени t_o [кБк]

A_t = Активность в момент времени t [кБк]

Δt = $t-t_o$; истекший промежуток времени [в тех же единицах, что и период полураспада]

$T_{1/2}$ = Период полураспада радионуклида

Активность радиоактивного материала

Удельная активность определяется как активность на грамм материала и рассчитывается с применением одного из следующих уравнений в зависимости от того, в каких единицах выражен период радиологического полураспада (T_2):

$$A_{sp} = \frac{1.16 \cdot 10^{17}}{T_{1/2}(h) \cdot AMN}$$

$$A_{sp} = \frac{4.83 \cdot 10^{15}}{T_{1/2}(d) \cdot AMN}$$
$$A_{sp} = \frac{1.32 \cdot 10^{13}}{T_{1/2}(y) \cdot AMN}$$

Где:

A_{sp} = Удельная активность [кБк/г]

AMN= Атомная масса; число, которое идентифицирует радионуклид

T_2 = Период полураспада в часах (ч), днях (д) или годах (г)

Рассчитайте активность материала, пользуясь следующим уравнением:

$$A = W \cdot A_{sp}$$

Где:

A = Активность [кБк]

W = Масса [г]

КАРТЫ

Предупреждение: Карты в этом разделе должны быть пересмотрены в соответствии с условиями их применения

| | | |
|--|---|--------------------------------|
| <i>Выполняется:</i> <i>Инициатором реагирования</i> | КАРТА А1 | No. _____ <i>1 из 2</i> |
| | ФОРМА РЕГИСТРАЦИИ АВАРИИ ЧАСТЬ 1 | |

Ф.И.О.: _____ Дата: _____
(Инициатор реагирования)

Копия предоставлена : Отв. за аварийное реагирование Время: _____

Ф.И.О. позвонившего : _____
(полностью)

Представитель: Населения Штата объекта Аварийных служб

Организация или адрес позвонившего: _____

Тел. позвонившего: _____ Время сообщения: _____

Место аварии: _____
(Адрес объекта или место происшествия)

Описание аварии: _____

Население вовлечено: ДА НЕТ

Требует ли ситуация неотложного вмешательства? ДА НЕТ

Какая необходима помощь?

Какие были даны рекомендации (по телефону):

Звонок верифицирован: ДА НЕТ

| | | |
|--|---|-------------------------|
| <i>Выполняется:</i> <i>Инициатором реагирования</i> | КАРТА А1 | No. _____ 2 из 2 |
| | ФОРМА РЕГИСТРАЦИИ АВАРИИ ЧАСТЬ 2 | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|--|--|--|--|--|---|--|---|--|---|---|--|---|---|---|--|---|---|---|--|---|---|-------------------------------------|--|--|---|--|--|---|--|--|---|--|---|-------------------------------------|
| <p>Характеристика источника Радионуклид(ы) / Активность:</p> <p><i>Закрытый:</i> <input type="checkbox"/> капсула <input type="checkbox"/> фольга <input type="checkbox"/> карандаш <input type="checkbox"/> другое</p> <p><i>Открытый:</i> <input type="checkbox"/> жидкость <input type="checkbox"/> газ <input type="checkbox"/> твердый <input type="checkbox"/> порошок</p> <p><i>Генераторы:</i> кВ мА</p> | <p>Характеристика места аварии Промышленное предприятие: тип производства</p> <p>Лаборатория: тип</p> <p>Офис: тип деятельности</p> <p>Общественное место:</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>Тип оборудования</p> <table border="0"> <tr><td><input type="checkbox"/> Диагност. рентген.</td><td><input type="checkbox"/> Рентген. оптика</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/> Ветеринар. рентген.</td><td><input type="checkbox"/> Открытый источник</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/> Телетерапия</td><td><input type="checkbox"/> Детекторы дыма</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/> Брахитерапия</td><td><input type="checkbox"/> Элимин. статич. эл-ва</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/> Ядерная медицина</td><td><input type="checkbox"/> Лаб. защищен. источн.</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/> Досмотр багажа</td><td><input type="checkbox"/> Мониторы выработки</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/> γ-радиография</td><td><input type="checkbox"/> Радиоактивные отходы</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/> Рентгенорадиогр.</td><td><input type="checkbox"/> Детектор повреждений</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/> Облуч. устан.</td><td><input type="checkbox"/> Переработка руды</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/> Датчик толщины</td><td><input type="checkbox"/> Перераб. металлолома</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/> Датчик уровня</td><td><input type="checkbox"/> Другое (указать)</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/> Дет. плотности/влажности</td><td><input type="checkbox"/> Неизвестен</td></tr> </table> | <input type="checkbox"/> Диагност. рентген. | <input type="checkbox"/> Рентген. оптика | <input type="checkbox"/> Ветеринар. рентген. | <input type="checkbox"/> Открытый источник | <input type="checkbox"/> Телетерапия | <input type="checkbox"/> Детекторы дыма | <input type="checkbox"/> Брахитерапия | <input type="checkbox"/> Элимин. статич. эл-ва | <input type="checkbox"/> Ядерная медицина | <input type="checkbox"/> Лаб. защищен. источн. | <input type="checkbox"/> Досмотр багажа | <input type="checkbox"/> Мониторы выработки | <input type="checkbox"/> γ-радиография | <input type="checkbox"/> Радиоактивные отходы | <input type="checkbox"/> Рентгенорадиогр. | <input type="checkbox"/> Детектор повреждений | <input type="checkbox"/> Облуч. устан. | <input type="checkbox"/> Переработка руды | <input type="checkbox"/> Датчик толщины | <input type="checkbox"/> Перераб. металлолома | <input type="checkbox"/> Датчик уровня | <input type="checkbox"/> Другое (указать) | <input type="checkbox"/> Дет. плотности/влажности | <input type="checkbox"/> Неизвестен | <p>Тип аварии</p> <table border="0"> <tr><td><input type="checkbox"/> Обнаруженный источник</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/> Обнаруженное загрязнение</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/> Незащищенный источник</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/> Поврежденный источник</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/> Утерянный источник</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/> Пролитый источник в лаборатории</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/> Транспортная авария</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/> Дисперсия активности</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/> Незаконный товарооборот</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/> Другое (указать)</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/> Неизвестен</td></tr> </table> | <input type="checkbox"/> Обнаруженный источник | <input type="checkbox"/> Обнаруженное загрязнение | <input type="checkbox"/> Незащищенный источник | <input type="checkbox"/> Поврежденный источник | <input type="checkbox"/> Утерянный источник | <input type="checkbox"/> Пролитый источник в лаборатории | <input type="checkbox"/> Транспортная авария | <input type="checkbox"/> Дисперсия активности | <input type="checkbox"/> Незаконный товарооборот | <input type="checkbox"/> Другое (указать) | <input type="checkbox"/> Неизвестен |
| <input type="checkbox"/> Диагност. рентген. | <input type="checkbox"/> Рентген. оптика | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <input type="checkbox"/> Ветеринар. рентген. | <input type="checkbox"/> Открытый источник | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <input type="checkbox"/> Телетерапия | <input type="checkbox"/> Детекторы дыма | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <input type="checkbox"/> Брахитерапия | <input type="checkbox"/> Элимин. статич. эл-ва | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <input type="checkbox"/> Ядерная медицина | <input type="checkbox"/> Лаб. защищен. источн. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <input type="checkbox"/> Досмотр багажа | <input type="checkbox"/> Мониторы выработки | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <input type="checkbox"/> γ-радиография | <input type="checkbox"/> Радиоактивные отходы | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <input type="checkbox"/> Рентгенорадиогр. | <input type="checkbox"/> Детектор повреждений | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <input type="checkbox"/> Облуч. устан. | <input type="checkbox"/> Переработка руды | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <input type="checkbox"/> Датчик толщины | <input type="checkbox"/> Перераб. металлолома | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <input type="checkbox"/> Датчик уровня | <input type="checkbox"/> Другое (указать) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <input type="checkbox"/> Дет. плотности/влажности | <input type="checkbox"/> Неизвестен | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <input type="checkbox"/> Обнаруженный источник | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <input type="checkbox"/> Обнаруженное загрязнение | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <input type="checkbox"/> Незащищенный источник | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <input type="checkbox"/> Поврежденный источник | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <input type="checkbox"/> Утерянный источник | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <input type="checkbox"/> Пролитый источник в лаборатории | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <input type="checkbox"/> Транспортная авария | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <input type="checkbox"/> Дисперсия активности | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <input type="checkbox"/> Незаконный товарооборот | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <input type="checkbox"/> Другое (указать) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <input type="checkbox"/> Неизвестен | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>Как была выявлена авария</p> | <p>Текущий статус Контролируется ли доступ? <input type="checkbox"/> ДА <input type="checkbox"/> НЕТ Мероприятия по предупреждению облучения:</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>Отслеживание в обратном порядке Когда в последний раз источник был в безопасном состоянии:</p> <p>Откуда он происходит:</p> <p>Владелец источника:</p> | <p>Радиологические виды опасности (Могут быть)</p> <table border="0"> <tr><td><input type="checkbox"/> Значительная доза облучения</td><td style="text-align: right;">М</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/> Опасность ингаляции</td><td style="text-align: right;">М</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/> Загрязнение ограничен. территорий</td><td style="text-align: right;">М</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/> Выброс в окружающую среду</td><td style="text-align: right;">М</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/> Вероятность дисперсии</td><td style="text-align: right;">М</td></tr> </table> | <input type="checkbox"/> Значительная доза облучения | М | <input type="checkbox"/> Опасность ингаляции | М | <input type="checkbox"/> Загрязнение ограничен. территорий | М | <input type="checkbox"/> Выброс в окружающую среду | М | <input type="checkbox"/> Вероятность дисперсии | М | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <input type="checkbox"/> Значительная доза облучения | М | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <input type="checkbox"/> Опасность ингаляции | М | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <input type="checkbox"/> Загрязнение ограничен. территорий | М | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <input type="checkbox"/> Выброс в окружающую среду | М | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <input type="checkbox"/> Вероятность дисперсии | М | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>Обычные виды опасности (Могут быть)</p> <table border="0"> <tr><td><input type="checkbox"/> Пламя</td><td style="text-align: right;">М</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/> Взрывчатые в-ва</td><td style="text-align: right;">М</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/> Химические в-ва</td><td style="text-align: right;">М</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/> Пар, испарения</td><td style="text-align: right;">М</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/> Другое (указать)</td><td></td></tr> </table> | <input type="checkbox"/> Пламя | М | <input type="checkbox"/> Взрывчатые в-ва | М | <input type="checkbox"/> Химические в-ва | М | <input type="checkbox"/> Пар, испарения | М | <input type="checkbox"/> Другое (указать) | | <p>Медицинские эффекты (Количество, Могут быть)</p> <table border="0"> <tr><td><input type="checkbox"/> Раненые</td><td style="text-align: right;">К: _____ М</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/> Погибшие</td><td style="text-align: right;">К: _____ М</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/> Облученные</td><td style="text-align: right;">К: _____ М</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/> Загрязненные</td><td style="text-align: right;">К: _____ М</td></tr> </table> | <input type="checkbox"/> Раненые | К: _____ М | <input type="checkbox"/> Погибшие | К: _____ М | <input type="checkbox"/> Облученные | К: _____ М | <input type="checkbox"/> Загрязненные | К: _____ М | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <input type="checkbox"/> Пламя | М | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <input type="checkbox"/> Взрывчатые в-ва | М | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <input type="checkbox"/> Химические в-ва | М | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <input type="checkbox"/> Пар, испарения | М | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <input type="checkbox"/> Другое (указать) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <input type="checkbox"/> Раненые | К: _____ М | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <input type="checkbox"/> Погибшие | К: _____ М | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <input type="checkbox"/> Облученные | К: _____ М | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <input type="checkbox"/> Загрязненные | К: _____ М | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>Проблемы для мониторинга (Могут быть)</p> <table border="0"> <tr><td><input type="checkbox"/> Взрывоопасная атмосфера</td><td style="text-align: right;">М</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/> Статич. эл-во</td><td style="text-align: right;">М</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/> Радиочастоты</td><td style="text-align: right;">М</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/> Вода</td><td style="text-align: right;">М</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/> Другое (указать)</td><td></td></tr> </table> | <input type="checkbox"/> Взрывоопасная атмосфера | М | <input type="checkbox"/> Статич. эл-во | М | <input type="checkbox"/> Радиочастоты | М | <input type="checkbox"/> Вода | М | <input type="checkbox"/> Другое (указать) | | <p>Другие данные (напр., транспортная маркировка, результаты измерения мощности дозы, уровни загрязнения, погодные условия)</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <input type="checkbox"/> Взрывоопасная атмосфера | М | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <input type="checkbox"/> Статич. эл-во | М | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <input type="checkbox"/> Радиочастоты | М | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <input type="checkbox"/> Вода | М | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <input type="checkbox"/> Другое (указать) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Подпись: _____

| | | |
|---|--|----------|
| Заполняется: Инициатором реагирования | КАРТА А2 | №. _____ |
| | ФОРМА ОПОВЕЩЕНИЯ УЧАСТНИКОВ АВАРИЙНОГО РЕАГИРОВАНИЯ | |

Оповещение выполнил: _____ Дата: _____
(Ф.И.О. полностью)

Копия предоставлена: Ответственному за аварийное реагирование

| Участник аварийного реагирования | Ф.И.О. лица, получившего сообщение | № тел. / факса | Время первого звонка | Время активации |
|---|------------------------------------|----------------|----------------------|-----------------|
| Ответственный за аварийное реагирование | | | | |
| Специалист-радиолог | | | | |
| Первый реагирующий | | | | |
| Полиция | | | | |
| Служба скорой медицинской помощи | | | | |
| Пожарная служба | | | | |
| Служба гражданской обороны | | | | |
| Персонал объекта | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| Другие участники реагирования | | | | |
| Местные органы власти | | | | |
| Распорядительные органы | | | | |
| Органы здравоохранения, больницы | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

ЗАМЕЧАНИЯ :

Подпись: _____

| | | |
|---|--|----------|
| Заполняется: Ответственным за аварийное реагирование | КАРТА Б1 | №. _____ |
| | РЕГИСТРАЦИЯ ДЕЙСТВИЙ ПО НЕМЕДЛЕННОМУ РЕАГИРОВАНИЮ | |

Карту заполнил: _____
(Ф.И.О. полностью)

Дата: _____

| Действие по немедленному реагированию | Время инициации | Время прибытия / выполнения | Примечания |
|--|-----------------|-----------------------------|------------|
| Начальные инструкции предоставлены | | | |
| Участник реагирования прибыл на место аварии <input type="checkbox"/> Полиция <input type="checkbox"/> Пожарная служба <input type="checkbox"/> Скорая медицинская помощь | | | |
| Первый Руководитель аварийных работ на месте аварии: Его сменил: | | | |
| Периметр охраны учрежден Средний радиус: | | | |
| Периметр безопасности учрежден Средний радиус: | | | |
| Учрежден контроль входа и выхода | | | |
| Учрежден контроль загрязнения: <input type="checkbox"/> Аварийных работников <input type="checkbox"/> Населения | | | |
| Защита аварийных работников: <input type="checkbox"/> Защита дыхательных путей <input type="checkbox"/> Стабильный йод <input type="checkbox"/> Защитная одежда <input type="checkbox"/> Контроль дозы | | | |
| Эвакуация Сектора / зоны: | | | |
| Укрытие Сектора / зоны: | | | |
| Контроль продуктов питания Сектора / зоны: | | | |
| Тушение пожара | | | |
| Контроль радиоактивного пятна <input type="checkbox"/> Локализовано <input type="checkbox"/> Ликвидировано | | | |
| Мониторинг источника | | | |
| Разведка территории | | | |
| Дезактивация: <input type="checkbox"/> Людей <input type="checkbox"/> Оборудования <input type="checkbox"/> Территории | | | |
| | | | |

Подпись: _____

| | | |
|---|---------------------------|----------|
| Выполняется: Специалистом- радиологом | КАРТА Г1 | №. _____ |
| | КОНТРОЛЬ ОБЛУЧЕНИЯ | |

Карту заполнил: _____ Дата: _____
(Ф.И.О. полностью)

Предоставлена: Отв. за аварийное реагирование Время: _____

Аварийный работник: _____ Группа реагирования: _____
(Ф.И.О. полностью)

Личный №.: _____

При использовании прямопоказывающего индивидуального дозиметра

Тип дозиметра: _____ Модель: _____ Сер. №: _____

| Дата снятия показаний | Время снятия показаний | Показания [мЗв] | Локализация в момент снятия показаний |
|-----------------------|------------------------|-----------------|---------------------------------------|
| | | | |
| | | | |
| | | | |

При использовании измерителя мощности дозы гамма-излучения

Тип прибора: _____ Модель: _____ Сер. №: _____

| Локализация | Мощность дозы [мЗв/час] | Проведенное время [мин] | Рассчитанная накопленная доза [мЗв] |
|-------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------------------|
| | | | |
| | | | |
| | | | |

Регистрация приема стабильного йода

| Дата | Время | Доза | Примечания | Инициалы |
|------|-------|------|------------|----------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

При использовании ТЛД или пленочного дозиметра

ТЛД или пленочный дозиметр №: _____

(Показания НЕ СНИМАЮТСЯ в полевых условиях)

| Получен | | Сдан | | Показания [мЗв] |
|------------|---------|------------|---------|-----------------|
| Дата/Время | Подпись | Дата/Время | Подпись | |
| / | | / | | |
| / | | / | | |
| / | | / | | |

ПРИМЕЧАНИЕ: Показания ТЛД или пленочного дозиметра следует снять как можно быстрее после облучения и зарегистрировать в приведенной выше таблице. Чтобы ускорить процедуру получения данных, службу дозиметрии следует проинформировать о том, что дозиметр использовался во время аварийной ситуации и/или при проведении операции по изъятию источника.

ЗАМЕЧАНИЯ:

Подпись: _____
(Специалист-радиолог)

| | | |
|---|--|----------|
| Выполняется: Специалистом- радиологом | КАРТА Г2 | №. _____ |
| | МАРКИРОВКА ЗАГРЯЗНЕННЫХ ПРЕДМЕТОВ | |

ПРЕДОСТЕРЕЖЕНИЕ ЗАГРЯЗНЕННЫЕ ПРЕДМЕТЫ



_____ Время: _____

Ф.И.О.: _____
(Аварийный работник или владелец)

Адрес: _____

Телефон №: _____

| Описание предмета | Макс. уровень радиации на поверхности | |
|-------------------|---------------------------------------|------------|
| | Тип радиации | [имп./сек] |
| 1. | | |
| 2. | | |
| 3. | | |

Ф.И.О. ответственного лица: _____
(Специалист-радиолог)

Подпись: _____
(Специалист-радиолог)

* **Примечание:** Подробности приводятся в карте регистрации показаний приборов, которая находится у Специалиста-радиолога.

| | | |
|---|---|----------|
| Заполняется: Специалистом- Радиологом | КАРТА ГЗ | №. _____ |
| | КВИТАНЦИЯ НА ЗАГРЯЗНЕННЫЕ ПРЕДМЕТЫ | |

КВИТАНЦИЯ НА ЗАГРЯЗНЕННЫЕ ПРЕДМЕТЫ

Дата: _____ Время: _____

Местонахождение: _____

Ф.И.О.: _____
(Аварийный работник или владелец)

Адрес: _____

Телефон №: _____

Описание предмета / Приблизительная стоимость

| Описание предмета | Стоимость |
|-------------------|-----------|
| 1. | |
| 2. | |
| 3. | |

Указанные предметы будут возвращены в случае возможности проведения их дезактивации.

Подписи:

(Специалист-радиолог)

(Владелец / Аварийный работник)

С ПРЕТЕНЗИЯМИ ПО КОМПЕНСАЦИИ ОБРАЩАТЬСЯ К:

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение I

КАК ЗАПРОСИТЬ ПОМОЩЬ МАГАТЭ

Обязанности, возложенные на МАГАТЭ в рамках выполнения *Конвенции об оперативном оповещении о ядерной аварии*, а также *Конвенции о помощи в случае ядерной аварии или радиационной аварийной ситуации*, предполагают, в числе прочих мероприятий, учреждение центрального контактного пункта в пределах Секретариата МАГАТЭ, куда страны-члены МАГАТЭ, участники обеих Конвенций, а также соответствующие международные организации могут немедленно и эффективно направить извещение (в случае аварии) или сообщение о происшествии, запрос об оказании аварийной помощи, запрос об информации и т. д. С этой целью, а также для обеспечения скоординированности всех действий в рамках Секретариата, в 1986 г. был учрежден **Центр аварийного реагирования МАГАТЭ (Emergency Response Centre = ERC)**, который, согласно распоряжению Генерального Директора, должен служить центром управления и контроля по реагированию МАГАТЭ на ядерные аварии или радиологические аварийные ситуации во всем мире. Этот центр расположен в штаб-квартире МАГАТЭ в Вене (Австрия), в здании В, на 7-ом этаже, в комнатах с В0720 по В0725. В обычном режиме работы этот центр действует под контролем Подразделения аварийной готовности и реагирования (Emergency Preparedness and Response Unit), Секции радиационной безопасности (Radiation Safety Section), Дивизии по обеспечению безопасности использования радиации и радиоактивных отходов Департамента ядерной безопасности (Division of Radiation and Waste Safety of the Department of Nuclear Safety).

Действие 1

Запрос в МАГАТЭ о помощи в рамках *Конвенции о помощи в случае ядерной аварии или радиационной аварийной ситуации* должен быть оформлен в виде **письменного сообщения**.

ПРИМЕЧАНИЕ

Согласно условиям *Конвенции о помощи*, предполагается, что в ERC с запросами о помощи будут обращаться страны-члены МАГАТЭ. В то же время, если ситуация того требует, ERC готов принять запрос о предоставлении аварийной помощи в таком же формате или посредством использования других средств связи от стран, которые не являются членами МАГАТЭ.

Действие 2

Предоставьте в запросе следующую информацию:

- А Радиологическая аварийная ситуация:*
- i. характер события
 - ii. место происшествия
 - iii. время происшествия
 - iv. название и полный адрес организации, ответственной за действия по реагированию
 - v. имя и контактный номер телефона лица, назначенного ответственным за контакт с МАГАТЭ по запросу о предоставлении помощи

- Б Тип или типы необходимой помощи:*
- i. радиологическая разведка с воздуха
 - ii. радиационный мониторинг
 - iii. идентификация радионуклида
 - iv. изъятие источника
 - v. оценка состояния радиационной безопасности и консультативная помощь по данному вопросу
 - vi. медицинская поддержка и/или консультативная помощь
 - vii. помощь в выполнении анализов биологического материала и/или соответствующие консультации
 - viii. помощь в выполнении радиопатологических исследований и/или соответствующие консультации
 - ix. помощь в проведении биодозиметрии и/или соответствующие консультации
 - x. помощь в обеспечении безопасности отходов и/или соответствующие консультации
 - xi. другое (другие), подлежит уточнению

Необходимо, чтобы в каждом сообщении было указано имя отправителя, а также контактные номера телефонов и/или факсов.

ПРИМЕЧАНИЕ

Рассмотрение поступающих в ERC сообщений, написанных на любом другом языке, кроме английского, может быть отложено до того момента, когда будет выполнен их адекватный перевод. Если язык сообщения не входит в число официальных языков МАГАТЭ, может возникнуть дополнительная задержка между получением сообщения и любыми последующими действиями. Следовательно, по мере возможности, настоятельно рекомендуется использовать английский язык, что позволит избежать отсрочки и обеспечит быстрое и адекватное реагирование на любое уведомление или запрос о помощи.

Действие 3

Запрос должен исходить из **официального Контактного пункта / Компетентного органа** в вашей стране.

ПРИМЕЧАНИЕ

Свой запрос о помощи направляйте только в **Центр аварийного реагирования (Emergency Response Centre) МАГАТЭ** и ни в какие другие подразделения МАГАТЭ. В частности, воздержитесь от отправки запросов о помощи каким бы то ни было лицам, которых вы можете лично знать в МАГАТЭ.

Действие 4

Проинформируйте **Миссию Вашей страны в МАГАТЭ** о подаче в МАГАТЭ запроса о помощи. Это облегчит координирование действий между МАГАТЭ и вашей страной.

Действие 5

Чтобы быть уверенными в том, что вы знаете официальный контактный пункт в вашей стране по *Конвенции о помощи*, впишите следующие данные:

Организация:.....

Номер(а) телефона (ов):.....

Номер(а) для факсимильных сообщений:.....

Постоянно обновляйте эту информацию!

ПРИЛОЖЕНИЕ II

МЕДИЦИНСКАЯ ГОТОВНОСТЬ И РЕАГИРОВАНИЕ

Эффективная медицинская помощь является необходимым компонентом общей системы реагирования на радиологические аварийные ситуации. В целом медицинское реагирование на радиологические аварии может оказаться серьезной проблемой для властей из-за сложности ситуации, часто требующей привлечения высококвалифицированных специалистов, хорошей организации и наличия материальных ресурсов. Все это определяет необходимость адекватного планирования.

При радиологических авариях работники в большей степени подвергаются радиационной опасности, чем представители населения. Тем не менее, в зависимости от масштабов аварии, и работники, и население могут подвергаться воздействию ионизирующего излучения за счет:

- i. облучения от неэкранированного источника;
- ii. облучения от радионуклидов, выпавших на почву или на другие поверхности;
- iii. облучения от радионуклидов, загрязнивших тело, одежду или имущество;
- iv. облучения от ингаляции или перорального поступления радиоактивных веществ в результате прямого загрязнения атмосферы или окружающей среды с последующим попаданием радиоактивного материала в продукты питания или воду.

Медицинская готовность начинается со знания того, где и какие типы ионизирующего излучения и радиоактивных материалов используются в пределах страны. Эта информационная база должна включать, как минимум, следующие сведения:

- i. места, где используются источники ионизирующего излучения и радиоактивные материалы;
- ii. типы источников ионизирующего излучения и их активность;
- iii. типы устройств, генерирующих излучение;
- iv. информация о транспортировке радиоактивных материалов через любую область;
- v. спектр возможных аварий;
- vi. оценка потенциального количества пораженных при серьезной радиологической аварии.

Эта информация необходима для адекватного планирования медицинских мощностей. Могут потребоваться как общие, так и специализированные медицинские учреждения, что зависит от тяжести и характера лучевых поражений. Специализированную медицинскую консультацию в обычных условиях невозможно получить на месте аварии. Исключение составляют медицинские учреждения, в которых применяются источники, например, установки для лучевой терапии. В таких учреждениях работают врачи, имеющие опыт обращения с лучевыми поражениями, а также имеющие определенные знания в этой области. Поэтому в Общегосударственном Плане аварийного реагирования должны быть указаны организации, планы и инструкции, необходимые для обеспечения такой помощи.

На этапе планирования должны быть подготовлены следующие перечни:

- i. перечень медицинских учреждений на местном, региональном и государственном уровне;
- ii. перечень специализированных медицинских учреждений в других странах;
- iii. перечень медицинского и вспомогательного персонала с номерами телефонов и адресами в каждом регионе;
- iv. перечень специализированных медицинских центров для лечения больных с поражениями кожи или иммуносупрессией, обусловленными радиацией;
- v. перечень оборудования и расходных материалов, необходимых для аварийного реагирования;
- vi. соглашения с транспортной службой скорой медицинской помощи.

Основные принципы медицинской помощи облученным базируются, в значительной степени, на методах, применяемых при других типах аварий, но с учетом характера медицинских эффектов облучения, а также проблем, обусловленных загрязнением.

Высокий уровень дозы за счет внешнего облучения люди получают редко: такие поражения более характерны для служащих объекта или других профессионалов. В случае утерянного или украденного источника небольшие группы случайных лиц могут получить дозы, приводящие к появлению детерминированных медицинских эффектов. В таких ситуациях для лечения ранних эффектов острого облучения требуется специализированная медицинская помощь и поддерживающая терапия. В случае внутреннего облучения, особенно долгоживущими радионуклидами, следует рассмотреть необходимость декорпорации, даже если доза ниже пороговой для детерминированных эффектов. Решение о степени декорпорации должно базироваться на показателях ожидаемой эквивалентной дозы на органы и ожидаемой эффективной дозы.

Работа медиков в аварийной ситуации обычно подразделяется на (1) медицинскую помощь на месте аварии (которая чаще оказывается работникам) и (2) медицинскую помощь за пределами места аварии (работникам и пораженному населению). Чтобы организовать медицинское реагирование, рекомендуется учредить своего рода Систему медицинской помощи при радиационных аварийных ситуациях в ведении руководящих медицинских органов, то есть, в ведении Министерства здравоохранения. Принципиальная структура такой системы показана на Рисунке III.

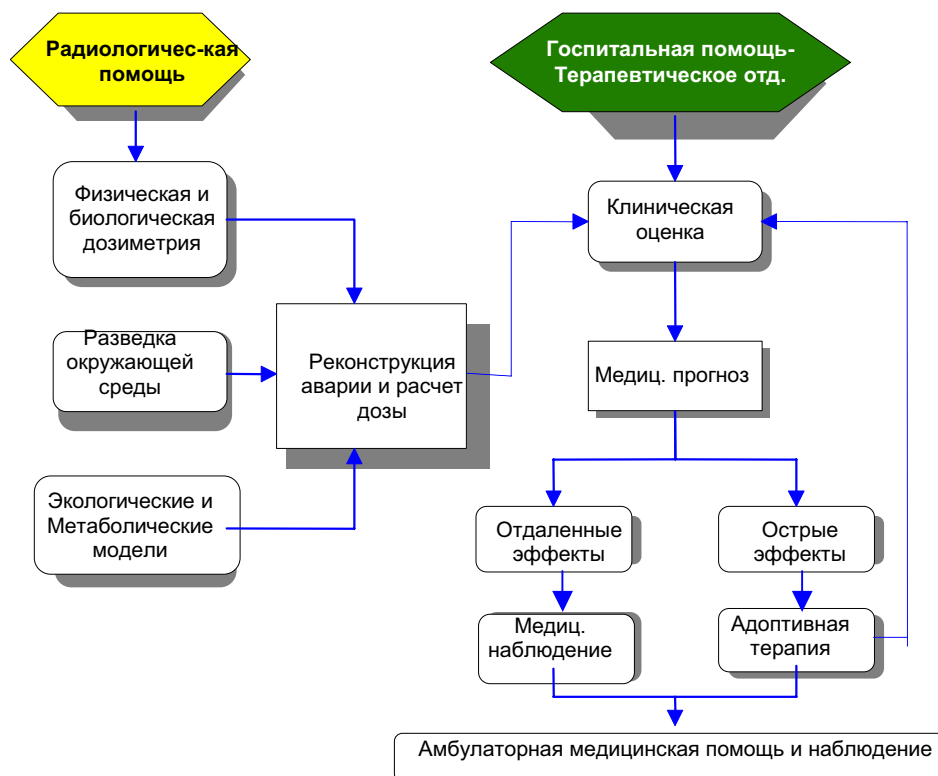


РИС. III. Медицинская помощь в системе взаимодействий в процессе реагирования на радиологическую аварийную ситуацию

Министерство здравоохранения обычно отвечает за организацию консультативной помощи другим правительственным учреждениям по вопросам влияния на здоровье любых видов облучения. Оно также отвечает за разработку местными медицинскими властями планов по организации лечения, мониторинга и консультативной помощи как для населения в целом, так и для отдельных лиц, которые могли получить загрязнение или дозу облучения, равно как и тех, кто опасается, что мог получить дозу облучения.

Можно выделить три уровня реагирования, соответствующие степени сложности, которые зависят также от наличия ресурсов для оказания помощи и от тяжести возможных последствий.

1. первая помощь, которую оказывают на месте аварии;
2. начальный медицинский осмотр, детальное обследование и лечение в больнице общего профиля;
3. полное обследование и лечение в специализированном медицинском центре, предназначенном для лечения лучевых поражений.

На объектах с радиоактивными источниками на каждой рабочей смене присутствует подготовленный персонал, который обычно может оказать необходимую первую помощь. На случай серьезных поражений должно быть предусмотрено наличие медицинского персонала из соответствующего медицинского центра за пределами места аварии. Задачи медицинской помощи на месте аварии – предотвратить

прогрессирование угрожающих жизни травматических поражений, а также оценить, по мере возможности, степень загрязнения и провести частичную дезактивацию. Если выявлены лица, получившие дозы выше порогового уровня, рекомендуется отправлять их непосредственно в высоко специализированное медицинское учреждение для полного обследования, лечения и оценки дозы.

Всех людей, вовлеченных в радиологическую аварию и потенциально облученных, следует тщательно опросить, чтобы составить подробное описание аварийной ситуации, указать расположение людей на месте аварии и отметить проведенное на месте аварии время. Это необходимо для последующей реконструкции дозы.

В ситуациях с облучением большого количества людей проводят сортировку – т.е., выделяют группы людей с разными уровнями облучения и видами поражений. Например, после радиологической аварии в Гойании была проведена сортировка 112800 человек с учетом степени поражения [27]. Для проведения сортировки можно эффективно использовать имеющиеся в наличии медицинские объекты.

Всех людей, у которых выявлено или предполагается наружное загрязнение, следует поместить в удобное отдельное место, чтобы предотвратить распространение загрязнения. Последующую дезактивацию следует провести как можно быстрее. В первую очередь следует проводить дезактивацию лиц с высоким уровнем загрязнения, а также имеющих открытые раны или загрязнение в области рта и лица (с целью снижения риска внутреннего загрязнения).

В задачи медицинского персонала на первой стадии оказания помощи за пределами места аварии входит идентификация типа, происхождения, тяжести и степени сложности каждого случая. Основополагающий принцип заключается в том, что, прежде чем предпринимать любые другие действия, следует обеспечить лечение тяжелых и угрожающих жизни поражений. Можно пользоваться следующей простой классификацией:

1. Лица с симптомами лучевого поражения

После оказания необходимой первой помощи пострадавшие должны быть немедленно доставлены в специализированное медицинское учреждение. Опыт показывает, что наиболее частым последствием радиологических аварий бывает внешнее местное облучение без радиоактивного загрязнения. В большинстве случаев можно предложить начинать лечение в больничных отделениях, специально выделенных для этих целей в соответствии с планом аварийного медицинского реагирования.

2. Лица с комбинированными поражениями (облучение в сочетании с обычной травмой)

Лечение таких пациентов должно быть индивидуализированным, учитывающим характер и тяжесть комбинированного поражения. Обычно сочетание радиационного воздействия с механическими, термическими или химическими травмами может значительно ухудшить прогноз.

3. Лица с наружным и/или внутренним загрязнением

Эти лица должны пройти мониторинг для выявления и оценки степени загрязнения. Необходимо иметь условия и средства для дезактивации. Бывают случаи, когда одного загрязнения, без физических травм или высокой дозы от внешнего облучения, оказывается достаточно для развития острой лучевой реакции у пострадавшего, но не у его сопровождающих. Необходимо провести дезактивацию, чтобы предупредить или уменьшить дозу последующего облучения, снизить риск попадания загрязненного материала в пищеварительный тракт или дыхательные пути, а также предупредить распространение радиоактивного материала.

4. Лица с симптомами возможного облучения

Пострадавшие не нуждаются в немедленной медицинской помощи, но требуют срочной оценки уровня полученной дозы. Поэтому медицинский персонал должен обладать достаточными знаниями, иметь разработанные инструкции, оборудование и расходные материалы для выполнения первых биологических и медицинских исследований и анализов сразу после аварии.

5. Лица с обычными травмами, не имеющие лучевого поражения

Пострадавших следует отправить в специализированное медицинское учреждение, где они могут получить лечение в соответствии с типом патологии.

6. Лица, предположительно не имеющие травмы и лучевые поражения

Обычно таких лиц отправляют домой. Иногда бывает необходимо обеспечить медицинское наблюдение, чтобы убедиться, что первая оценка была правильной, и оценить дозу более точно.

На всех этапах оказания медицинской помощи лечение пострадавших с высокой степенью радиоактивного загрязнения должно проводиться в специализированных учреждениях или в условиях изоляции с соблюдением превентивных мер по предупреждению распространения загрязнения, включая утилизацию радиоактивных отходов. В медицинских учреждениях должно быть необходимое оборудование для выявления радиоактивного загрязнения, например, специализированные приборы радиационного мониторинга, счетчик излучения человека, счетчик для определения радиоактивного йода в щитовидной железе. Измерения обычно выполняет Ответственный за радиационную защиту или медицинский физик. Для реконструкции дозы можно использовать различные приборы и методы, такие как ЭПР-спектрометрия и цитогенетическая дозиметрия. С этой целью следует организовать отбор проб разных тканей (крови, волос, зубов) и одежды облученных, но не загрязненных лиц, предварительно подготовив для этого необходимые средства (полиэтиленовые пакеты, этикетки и т.д.).

Медицинский персонал, работающий с загрязненными людьми, должен пользоваться защитной одеждой (халат/комбинезон, маски, пластиковые перчатки, бахилы – в соответствии с требованиями) и индивидуальными дозиметрами, а также подвергаться мониторингу для выявления возможного загрязнения. Следует заранее подготовить запасы сменной одежды и складские помещения, а также места для помывки персонала. Загрязненную одежду следует аккуратно снять и поместить в правильно маркированные полиэтиленовые пакеты. При отсутствии возможности воспользоваться душем, можно провести сухую дезактивацию с применением полотенца. Если есть душ, загрязненные люди должны помыться, пользуясь мягким мылом, чтобы смыть загрязнение. Жесткое трение не рекомендуется, так как оно способствует повреждению кожи и может привести к внутреннему загрязнению. При сильном загрязнении волос самым простым и наиболее эффективным способом дезактивации может оказаться стрижка. Дезактивацию обычно повторяют до тех пор, пока не будет достигнут фоновый уровень. Желательно собирать загрязненные жидкости после мытья, однако чаще всего это практически неосуществимо.

На государственном уровне необходимо обеспечить специализированную помощь пострадавшим с острым лучевым синдромом или серьезными лучевыми поражениями кожи. С этой целью необходимо заранее определить высоко специализированные медицинские учреждения, имеющие различные отделения (гематологическое, гемотерапии, интенсивной терапии, пластической хирургии), и разработать соглашения по лечению в таких учреждениях лиц с высоким уровнем облучения. Вопрос о национальных возможностях лечения лиц с тяжелыми лучевыми поражениями не является принципиальным: помощь можно получить в центрах, сотрудничающих с МАГАТЭ или ВОЗ (в Аргентине, Австралии, Бразилии, Франции, Германии, Японии, России, США).

Медицинский штат и вспомогательный персонал должен пройти соответствующую подготовку и знать цели и принципы радиационной защиты, медицинские последствия облучения, методы обращения с облученными и/или загрязненными лицами. Практическая подготовка должна включать тренинг и участие в учениях по осуществлению медицинского реагирования, проведению мониторинга загрязнения, дезактивации, опроса пострадавших и т.д.

Руководство каждого назначенного медицинского учреждения отвечает за следующие аспекты:

- (a) назначение и, при необходимости, дополнительное обучение соответствующего штата;
- (b) разработка детального аварийного плана и инструкций;
- (c) выделение помещений для приема и лечения пораженных;
- (d) создание и поддержание запасов специализированного оборудования и всех необходимых расходных материалов.

Более детально все аспекты медицинского реагирования во время аварийной ситуации изложены в изданиях [27, 28], а отдельные случаи описаны в публикациях [29, 30, 31, 32, 33].

Приложение III

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОСНАЩЕНИЮ ДОЗИМЕТРИЧЕСКИМИ ПРИБОРАМИ*

Цель применения приборов дозиметрической разведки при первичном реагировании на вызов – определить наличие радиационной опасности и, насколько возможно, оценить ее степень.

Идентификация источника радиации и установление места его нахождения

По прибытии на место аварии Первый реагирующий (или группа) может не знать, есть ли здесь опасность облучения или загрязнения. Во многих авариях можно предполагать вовлечение источников радиации. Очень важно быстро установить наличие радиационного фона, превышающего определенный ранее фоновый уровень. При других авариях бывает необходимо провести поиск утерянного источника радиации, который может либо находиться в контейнере, либо не иметь экранирования.

Для этих целей оптимально подходят приборы с NaI детекторами, причем с помощью некоторых новых моделей можно получать также информацию о радионуклидах. Вместо них можно использовать чувствительные счетчики Гейгера-Мюллера (ГМ) и пропорциональные счетчики, хотя их чувствительность к гамма-излучающим радионуклидам в диапазоне энергий 1 МэВ на порядок ниже, чем у NaI сцинтилляторов. Чтобы облегчить поиск источника на территории, заваленной обломками разрушений, или в других трудных условиях, приборы следует оснастить наушниками со звуковой индикацией.

Измерение мощности дозы гамма-излучения

Приборы вышеупомянутого типа трудно применять для количественных измерений, поскольку они зависят от энергии в широком диапазоне энергий гамма-излучения. Поэтому, если Первый реагирующий не имеет опыта в проведении калибровки прибора, он должен использовать прибор только для выявления излучения, но не для его измерений. Измерения лучше всего производить с помощью приборов с энергетической компенсацией, которые дают унифицированные данные в диапазоне энергий выше 50 кэВ. В таких приборах обычно используются трубки ГМ с энергетической компенсацией, ионизационные камеры, пластиковые сцинтилляторы или пропорциональные счетчики. Прибор должен измерять мощность дозы от 1 мкЗв/час и выше.

Приборы на основе трубок ГМ обычно меньше по размерам и легче, чем другие виды приборов, и, как правило, имеют звуковую индикацию. В то же время, приборы ГМ с энергетической компенсацией не измеряют гамма-излучение и рентгеновское излучение с энергиями ниже 50 кэВ; они также не могут выявлять наличие частиц.

При низкой мощности дозы приборы с ионизационной камерой применять труднее, чем трубки ГМ: они менее прочные и больше зависят от изменений температуры и влажности. Но при этом они выявляют гамма-излучение, начиная с уровня энергий 10 кэВ, что необходимо для выявления йода-125, и могут также

* Текст в данном приложении взят из учебного пособия NAIR Handbook, ред.1995, опубликованного NRPB [34]

использоваться для измерения мощности дозы бета-излучения. Сцинтилляционные приборы очень чувствительны и работают в широком диапазоне мощности гамма-излучения, начиная с уровня энергии 30 кэВ, однако они тяжелые и, кроме того, не могут использоваться для выявления бета-излучения.

Измерение мощности бета-излучения

Чистые источники бета-излучения встречаются реже, чем гамма-источники, но следует учитывать их присутствие в датчиках толщины. В этих случаях можно использовать приборы с ионизационной камерой, а также торцевые трубки ГМ с тонкостенным окном.

Измерение бета-загрязнения

Бета-загрязнение следует принимать во внимание при авариях с радиофармацевтическими средствами, а также при утечке из закрытых источников гамма-излучения (многие из которых являются бета/гамма-источниками) или радиохимических веществ, применяемых в промышленности и сельском хозяйстве. Подходящими для таких ситуаций могут быть приборы, использующие торцевые трубки ГМ с тонкостенным окном, бета-сцинтилляционные детекторы и пропорциональные счетчики с окнами из алюминизированного пластика или из титана.

Наиболее серьезная проблема, которая возникает при работе с такими счетчиками, - это вероятность повреждения окна, что полностью выводит из строя счетчики типа ГМ и пропорциональные. Вторая проблема – высокая чувствительность к свету сцинтилляционных детекторов, приводящая к снижению их чувствительности. При контроле бета-загрязнения часто бывает необходимо взять пробу полоской фильтровальной или любой другой бумаги и выполнить ее мониторинг вдали от любых других источников гамма- или рентгеновского излучения.

Особенно трудно выявить тритий из-за его очень мягкого (низкоэнергетического) бета-излучения. Наиболее подходящими могут быть газоразрядные пропорциональные счетчики без окна, но в практической работе можно полагаться и на результаты, полученные при исследовании полосок с пробами с помощью жидкостных сцинтилляционных счетчиков.

Измерение мощности дозы рентгеновского излучения, а также загрязнения

Радионуклиды, испускающие рентгеновские лучи, широко применяются в радиофармакологии. Для их выявления подходят тонкостенные NaI детекторы и наполненные ксеноном пропорциональные счетчики. При подозрении на загрязнение радионуклидами, испускающими рентгеновские лучи, практически всегда необходимо взять пробу полоской и провести ее мониторинг в отдалении от других источников радиации, в том числе, и от самой подозрительной упаковки.

Измерение рентгеновского излучения от соответствующих генераторов требует наличия специального оборудования и опытного персонала.

Измерение загрязнения альфа-частицами

Поскольку альфа-частицы проходят в воздухе только короткое расстояние, выявить их довольно трудно. Альфа-частицы невозможно определить даже через тонкий слой воды, крови, почвы, бумаги или другого материала. Для измерения альфа-излучения были разработаны специальные приборы. Чтобы провести точные измерения с помощью таких приборов, нужна специальная подготовка. Сюда относятся такие приборы, как цинк-сульфидные сцинтилляционные счетчики с тонким окном и заполняемые повторно пропорциональные счетчики с тонким окном. Торцевые трубки ГМ с тонкостенным окном также подходят для таких измерений, начиная с уровня 5 Бк/см².

Расходные материалы

Часть постоянного "комплекта оборудования" составляют тетради, водостойкие карандаши, карманные фонари, калькуляторы, стальная сантиметровая лента, полиэтиленовые пакеты, ПВХ лента для запаивания пакетов, фильтровальная бумага для отбора проб. Для изъятия небольших источников гамма-излучения следует иметь свинцовые контейнеры и щипцы; контейнер со стенками толщиной 25 мм хотя и остается портативным, но обеспечивает достаточную степень защиты.

Помимо обычного индивидуального дозиметра, целесообразно носить с собой прямопоказывающий дозиметр типа электроскопа с кварцевой нитью или, что еще лучше, - дозиметр, дающий сигнал при превышении определенной дозы.

Комплект должен включать защитную одежду, которая должна быть водонепроницаемой, видимой и легко поддающейся дезактивации, а также перчатки, высокие сапоги и защитную каску. Для регистрации событий во время аварии целесообразно иметь также фотоаппарат.

Перечисленное здесь оборудование составляет минимальный набор, предназначенный для группы раннего реагирования. Более подробные списки оборудования для выполнения специальных задач приводятся в руководстве [6].

ТАБЛИЦА III. ДАННЫЕ О РАДИОНУКЛИДАХ И СООТВЕТСТВУЮЩИХ ДЕТЕКТОРАХ

В радиационные аварии могут вовлекаться различные радионуклиды, что обусловлено широким спектром используемых радиоактивных материалов. В Таблице представлены данные о периоде полураспада радионуклидов и основном виде их излучения. Принимая во внимание природу излучения и возможности приборов разных типов, приведена также информация о том, какой прибор следует использовать для измерения мощности дозы и обнаружения загрязнения.

| Радионуклид | Период полураспада | Излучение и максимальная энергия [МэВ] | Пригодность для измерения мощности дозы | | | | Пригодность для измерения загрязнения | | | | | | |
|-------------|--------------------|--|---|--------------------|----------------------|--------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|---|---------------------------------|---|------------------------|------------------|
| | | | Энергетически сированная трубка ГМ | Торцевая трубка ГМ | Ионизационная камера | Пластиковый сцинтиллятор | Торцевая трубка ГМ | β -сцинтиллятор (все энергии) | β -сцинтиллятор (высокие энергии) | Наполненный Хе пропорц. счетчик | Пропорц. счетчик с повторн. заполнением | α -сцинтиллятор | NaI сцинтиллятор |
| H-3 | 12.3 года | $\beta^-0.019$ | Нет опасности внешнего облучения | | | | - | - | - | - | - | - | - |
| Be-7 | 53.3 д | $\gamma 0.48$ | R | U | R | R | - | - | - | R | - | - | R |
| C-14 | $5.7 \cdot 10^3$ л | $\beta^-0.156$ | - | R | R | - | R | R | - | R | R | - | - |
| Na-22 | 2.6 года | $\beta^+0.55$ $\gamma 1.28$ | S | U | R | S | R | R | - | R | R | - | - |
| Na-24 | 15.0 час | $\beta^-1.4$ $\gamma 1.4, 2.8$ | S | U | R | S | R | R | R | R | R | - | U |
| P-32 | 14.3 д | $\beta^-1.7$ | - | R | R | - | R | R | R | R | R | - | U |
| S-35 | 87.5 д | $\beta^-0.17$ | - | R | R | - | R | R | - | R | R | - | - |
| Cl-36 | $3.0 \cdot 10^5$ л | $\beta^-0.71$ | - | R | R | - | R | R | - | R | R | - | - |
| K-42 | 12.4 | $\beta^-3.6$ $\gamma 1.5$ | S | U | R | S | R | R | R | R | R | - | U |
| Ca-45 | 163.0 час | $\beta^-0.26$ | - | R | R | - | R | R | - | R | R | - | - |
| Ca-47* | 4.5 д | $\beta^-0.69$ (82%) $\gamma 1.3, 2.0$ (18%) | S | U | R | S | R | R | - | R | R | - | - |
| Sc-46 | 83.8 д | $\beta^-0.36$ $\gamma 1.0$ | S | U | R | S | R | R | - | R | R | - | - |
| Cr-51 | 27.7 д | $x 0.005$ $\gamma 0.3$ | S | U | R | S | - | - | - | P | - | - | P |
| Ma-54 | 312.5 д | $\gamma 0.8$ | R | U | R | R | - | - | - | P | - | - | P |
| Fe-55 | 2.7 г | $x 0.006$ | - | U | R | - | - | - | - | P | - | - | P |
| Fe-59 | 45.1 д | $\beta^-0.4$ $\gamma 1.2$ | S | U | R | S | R | R | - | R | R | - | - |
| Co-56 | 78.8 д | $\beta^+1.5$ $\gamma 1-3$ | S | U | R | S | - | - | - | - | - | - | R |
| Co-57 | 271.4 д | $\gamma 0.13$ | R | U | R | R | - | - | - | P | - | - | P |
| Co-58 | 70.8 д | $\beta^+0.5$ $\gamma 0.8$ | S | U | R | S | U | U | - | P | U | - | P |
| Co-60 | 5.3 лет | $\beta^-0.3$ $\gamma 1.3$ | S | U | R | S | R | R | - | R | R | - | - |
| Ni-63 | 100.0 л | $\beta^-0.066$ | - | U | R | - | - | P | - | - | P | - | - |
| Zn-65 | 243.8 д | $\gamma 1.1$ | R | U | R | R | - | - | - | R | U | - | P |
| Se-75 | 119.8 д | $\gamma 0.1 - 0.4$ | R | U | R | R | - | - | - | R | - | - | R |

| Радионуклид | Период полураспада | Излучение и максимальная энергия [МэВ] | Пригодность для измерения мощности дозы | | | | Пригодность для измерения загрязнения | | | | | | |
|-------------|--------------------|---|---|--------------------|----------------------|--------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|---|---------------------------------|---|------------------------|------------------|
| | | | Энергетически сированная трубка ГМ | Торцевая трубка ГМ | Ионизационная камера | Пластиковый сцинтиллятор | Торцевая трубка ГМ | β -сцинтиллятор (все энергии) | β -сцинтиллятор (высокие энергии) | Наполненный Хе пропорц. счетчик | Пропорц. счетчик с повтори. заполнением | α -сцинтиллятор | NaI сцинтиллятор |
| | | | | | | | | | | | | | |
| Br-82 | 1.5 д | β^- 0.4 γ 0.5 - 1.5 | S | U | R | S | R | R | - | R | R | - | - |
| Kr-85 | 10.7 лет | β^- 0.7 | - | U | R | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Ru-86 | 18.7 д | β^- 1.8 γ 1.1 | S | U | R | S | R | R | R | R | R | - | - |
| Sr-85 | 64.8 д | γ 0.5 | R | U | R | R | - | - | - | R | - | - | R |
| Sr-89 | 50.5 д | β^- 1.5 | - | R | R | - | R | R | R | R | R | - | U |
| Sr-90 | 29.1 лет | β^- 0.5 | - | R | R | - | R | R | - | R | R | - | - |
| Y-88 | 106.6 д | γ 1.8 | R | U | R | R | - | - | - | R | - | - | R |
| Y-90 | 2.7 д | β^- 2.3 | - | R | R | - | R | R | R | R | R | - | U |
| Y-91 | 58.5 д | β^- 1.5 | - | R | R | - | R | R | R | R | R | - | U |
| Zr-95 | 64.0 д | β^- 0.4 γ 0.7 | S | U | R | S | R | R | - | R | R | - | - |
| Nb-95 | 35.2 д | β^- 0.16 γ 0.76 | S | U | R | S | R | R | - | R | R | - | - |
| Mo-99 | 2.8 д | β^- 1.2 γ 0.7 | S | U | R | S | R | R | R | R | R | - | U |
| Te-99 | 2.1 10^5 л | β^- 0.3 | - | R | R | - | R | R | - | R | R | - | - |
| Te-99m | 6.0 час | γ 0.14 | R | U | R | R | - | - | - | - | - | - | R |
| Ru-103 | 39.4 д | β^- 0.2 γ 0.5 | S | U | R | S | R | R | - | R | R | - | - |
| Ru-106 | 1.0 лет | β^- 1.5 - 3.6 γ 0.5 - 2.9 | S | U | R | S | R | R | R | R | R | - | U |
| Ag-110m | 249.9 д | β^- 0.5 γ 0.6 - 1.5 | S | U | R | S | R | R | R | R | R | - | U |
| Cd-109 | 1.3 лет | x 0.02 γ 0.09 | S | U | R | S | - | - | - | - | - | - | R |
| In-111 | 2.8 д | x 0.02 γ 0.2 | S | U | R | S | - | - | - | R | - | - | R |
| Sn-113 | 115.1 д | x 0.02 γ 0.4 | S | U | R | S | - | - | - | R | - | - | R |
| Sn-119m | 293.0 д | x 0.02 | - | U | R | U | - | - | - | R | - | - | R |
| Sb-124 | 60.2 д | β^- 0.1 - 2.3 γ 0.6 | S | U | R | S | R | R | U | R | R | - | R |
| Sb-125 | 2.7 лет | β^- 0.6 γ 0.6 | S | U | R | S | R | - | - | - | - | - | - |
| I-125 | 60.1 д | x γ 0.03 | - | U | R | U | - | - | - | R | - | - | R |
| I-129 | 1.6 10^7 л | β^- 0.15 x 0.03 | - | U | R | S | R | R | - | R | R | - | R |
| I-131 | 8.0 д | β^- 0.6 γ 0.4 | S | U | R | S | R | R | - | R | R | - | - |
| Xe-133 | 5.3 д | β^- 0.3 γ 0.08 | S | U | R | S | - | - | - | - | - | - | - |
| Cs-134 | 2.1 лет | β^- 0.6 γ 0.7 | S | U | R | S | R | R | - | R | R | - | - |

| Радионуклид | Период полураспада | Излучение и максимальная энергия [МэВ] | Пригодность для измерения мощности дозы | | | | Пригодность для измерения загрязнения | | | | | | |
|-------------|--------------------|---|---|--------------------|----------------------|--------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|---|---------------------------------|---|------------------------|------------------|
| | | | Энергетически сированная трубка ГМ | Торцевая трубка ГМ | Ионизационная камера | Пластиковый сцинтиллятор | Торцевая трубка ГМ | β -сцинтиллятор (все энергии) | β -сцинтиллятор (высокие энергии) | Наполненный Хе пропорц. счетчик | Пропорц. счетчик с повтори. заполнением | α -сцинтиллятор | NaI сцинтиллятор |
| Cs-137 | 30.0 лет | $\beta^-0.5$ $\gamma0.7$ | S | U | R | S | R | R | - | R | R | - | - |
| Ba-133 | 10.7 лет | $\gamma0.3$ | R | U | R | R | - | - | - | R | - | - | R |
| Ba-140 | 12.7 д | $\beta^-1.0$ $\gamma0.5$ | S | U | R | S | R | R | U | R | R | - | U |
| La-140 | 1.7 д | β^-1-2 $\gamma0.3-2.5$ | S | U | R | S | R | R | R | R | R | - | U |
| Ce-139 | 137.7 д | $\gamma0.2$ | R | U | R | R | - | - | - | R | - | - | R |
| Ce-141 | 32.5 д | $\beta^-0.5$ $\gamma0.15$ | S | U | R | S | R | R | - | R | R | - | - |
| Ce-144 | 284.9 д | β^-3 $\gamma1-2$ | S | U | R | S | R | R | - | R | R | - | - |
| Pm-147 | 2.6 лет | $\beta^-0.2$ | - | R | R | - | R | R | - | R | R | - | - |
| Sm-151 | 89.9 лет | $\beta^-0.6$ | - | U | R | - | R | R | U | R | R | - | - |
| Eu-152 | 13.3 лет | $\beta^-0.7$ $\gamma0.3-1.3$ | S | U | R | S | U | U | - | R | U | - | R |
| Gd-153 | 242.0 д | α $\gamma0.04-0.1$ | R | U | R | R | - | - | - | R | - | - | R |
| Tb-160 | 72.3 д | $\beta^-0.5-1$ $\gamma0.1-1.3$ | S | U | R | S | R | R | U | R | R | - | - |
| Tm-170 | 128.6 д | β^-1 , α $\gamma0.01-0.08$ | S | U | R | S | R | R | U | R | R | - | - |
| Yb-169 | 32.0 д | α $\gamma0.01-0.3$ | R | U | R | R | R | R | - | R | R | - | R |
| W-185 | 75.1 д | $\beta^-0.4$ | - | R | R | - | R | R | - | R | R | - | - |
| Ir-192 | 74.0 д | $\beta^-0.7$ $\gamma0.5$ | S | U | R | S | R | R | - | R | R | - | - |
| Au-198 | 2.7 д | β^-1 $\gamma0.4$ | S | U | R | S | R | R | U | R | R | - | U |
| Au-199 | 3.1 д | $\beta^-0.4$ $\gamma0.2$ | S | U | R | S | R | R | - | R | R | - | - |
| Hg-103 | 46.6 д | $\beta^-0.2$ $\gamma0.3$ | S | U | R | S | R | R | - | R | R | - | - |
| Tl-204 | 3.8 лет | $\beta^-0.8$ | - | R | R | - | R | R | U | R | R | - | U |
| Pb-210 | 22.3 лет | $\beta^-0.06$ $\gamma0.05$ | S | U | R | S | - | - | - | U | - | - | U |
| Po-210 | 138.4 д | α | Нет опасности внешнего облучения | | | | - | - | - | - | R | R | - |
| Ra-226 | 1.6 10^3 л | α β^-3 $\gamma0.2-2$ | S | U | R | S | R | R | R | R | U | U | - |
| Th-228 | 1.9 лет | α β^-2 $\gamma0.1-3$ | S | U | R | S | U | U | - | - | R | R | - |

| Радионуклид | Период полураспада | Излучение и максимальная энергия [МэВ] | Пригодность для измерения мощности дозы | | | | Пригодность для измерения загрязнения | | | | | | | |
|-------------|--------------------|---|---|--------------------|----------------------|--------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|---|---------------------------------|---|------------------------|------------------|--|
| | | | Энергетически сированная трубка ГМ | Торцевая трубка ГМ | Ионизационная камера | Пластиковый сцинтиллятор | Торцевая трубка ГМ | β -сцинтиллятор (все энергии) | β -сцинтиллятор (высокие энергии) | Наполненный Хе пропорц. счетчик | Пропорц. счетчик с повторн. заполнением | α -сцинтиллятор | NaI сцинтиллятор | |
| Th-232 | 1.41 10^{10} л | α β 2 γ 0.5 – 2 | – | – | – | – | U | U | – | – | R | R | – | |
| U-238 | 4.5 10^9 л | α β 2 γ 0.1 - 2 | S | U | R | S | U | U | – | – | R | R | – | |
| Ne-237 | 2.1 10^6 л | α γ 0.03 - 0.4 | S | U | R | S | U | U | – | – | R | R | – | |
| Pu-238 | 87.7 лет | α | Нет опасности внешнего облучения | | | | U | U | – | – | R | R | – | |
| Pu-239 | 2.4 10^4 л | α χ | S | U | S | S | U | – | – | – | R | R | U | |
| Am-241 | 432.0 л | α γ 0.06 | R | U | R | R | – | – | – | – | R | R | U | |
| Cm-244 | 18.1 лет | α | Нет опасности внешнего облучения | | | | U | U | – | – | R | R | – | |
| Cf-252 | 2.6 лет | α n 2 γ | R | U | R | R | U | U | – | – | R | R | – | |

ПРИМЕЧАНИЕ:

Данные о радионуклидах включают данные об излучении от продуктов распада, вероятность присутствия которых существует. Эти данные отдельно не представлены.

R Рекомендуется

S Рекомендуется, когда низкоэнергетическое рентгеновское излучение или бета-излучение от источника экранировано упаковкой или вследствие того, что материал находится в виде инкапсулированного источника.

U Можно использовать, если отсутствуют рекомендованные к использованию приборы.

P Требуется предосторожность: результаты сильно зависят от настройки прибора.

– Не подходит.

Приложение IV

ТРАНСПОРТНЫЕ УПАКОВКИ И ИДЕНТИФИКАЦИЯ ИСТОЧНИКА

Требования к маркировке контейнеров и оформлению погрузочных документов в целом одинаковы при перевозке любых опасных веществ. Они дают участникам аварийного реагирования ценную информацию относительно тех типов опасности, с которыми они могут встретиться. В большинстве случаев перевозка радиоактивного материала и источников производится в специально предназначенных для этого упаковках или контейнерах в сопровождении погрузочных документов или накладных, в которых зарегистрирован тип груза, его количество и уровень активности. Упаковочные этикетки и погрузочные документы имеют большое значение для оценки потенциальной радиационной опасности в случае транспортной аварии.

Упаковки радиоактивного материала подразделяются на категории в зависимости от количества или уровня активности содержащегося в них радиоактивного источника.

Упаковки, не подпадающие под действие правил («Исключенные»)

- Никакой специальной защиты, кроме емкости для радиоактивного содержимого.
- Применимы к очень небольшим количествам радионуклидов, которые могут представлять ничтожную опасность в случае повреждения упаковки.
- Мощность дозы в любой точке наружной поверхности не превышает 5мкЗв/час
- Отсутствует наружная предупреждающая маркировка "Радиоактивность". Не требуется специальное плакатирование транспортных средств, перевозящих такие упаковки.

"Промышленные" упаковки

- Применимы к крупным по габаритам предметам, содержащим материал с низкой удельной активностью, а также к предметам с поверхностным загрязнением. Это могут быть ящики или контейнер.
- Предназначены только для предотвращения потери содержимого в обычных условиях транспортировки.
- Должна быть маркировка: "Низкая удельная активность" или "Объект с поверхностным загрязнением".
- Включает объемный груз радиоактивных отходов с низким уровнем активности или вещества, содержащие торий или уран.

Упаковки "Тип А"

- Предназначены для обеспечения адекватной емкости и экранирования небольшого количества радиоактивного материала при обычных условиях транспортировки.
- Каждая упаковка имеет маркировку "Радиоактивность" и обозначение категории (I, II или III, красными цифрами), относящейся к мощности дозы на поверхности или вблизи поверхности. См. Таблицу IV1.

ТАБЛИЦА IV1. МАРКИРОВКА ТРАНСПОРТНЫХ УПАКОВОК

| Категория маркировки | Максимальный уровень радиации на поверхности [мЗв/час] | Максимальный уровень радиации на расстоянии 1 м [мЗв/час] |
|----------------------|--|---|
| I–БЕЛАЯ | 0.005 | - |
| II–ЖЕЛТАЯ | 0.5 | 0.01 |
| III–ЖЕЛТАЯ | 2 | 0.1 |

- Если упаковка во время аварии осталась целой или получила только поверхностные повреждения, а измеренная мощность дозы соответствует категории на маркировке, то нет необходимости предпринимать защитные действия по отношению к населению или аварийным службам.
- Этикетка категории I имеет чисто белый фон; этикетки категории II и III имеют фон наполовину желтый и наполовину белый (см. Рисунок IV1).
- Размеры упаковки не имеют отношения к категории маркировки.

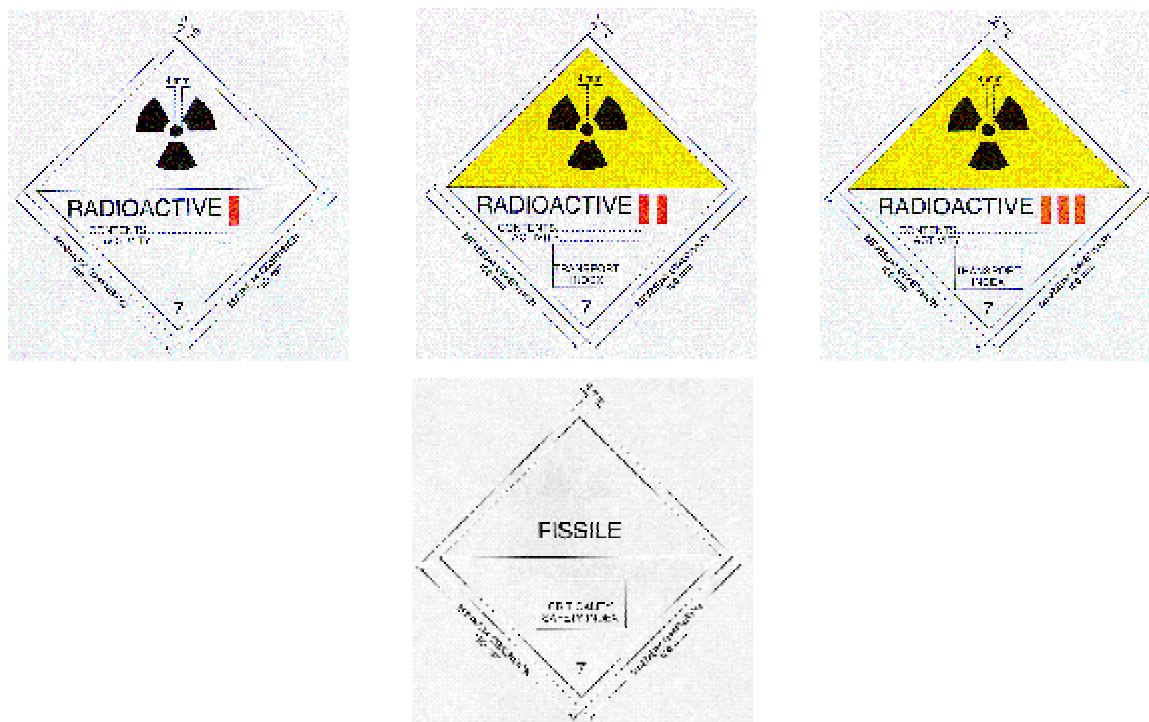


РИС. IV1. Категории упаковок для транспортировки

Упаковки "Тип В"

- Обычно имеют бочкообразную форму, могут выдержать тяжелые аварийные условия.
- Большие транспортные емкости, применяемые в ядерной промышленности; емкости, которые с большей вероятностью могут попасть в транспортные аварии, являются значительно меньшими по размерам.
- Маркируются как «Тип В» и категория I, II или III с обозначением огнестойкости/водонепроницаемости.

Упаковки "Тип С"

- Предназначены для транспортировки воздушным путем радиоактивных материалов с высокой активностью.
- Являются аналогами «Типа В», но выдерживают более высокие нагрузки.

Плакатирование транспортных средств, грузовых контейнеров и цистерн

- Транспортные правила регламентируют плакатирование транспортных средств и контейнеров для большинства ситуаций.
- Грузовые контейнеры или цистерны должны быть плакатированы товарным номером ООН, характеризующим содержимое. Этот номер может быть интерпретирован полицией и пожарной службой.
- Дорожные транспортные средства должны нести предупреждающие плакаты на задней и боковых сторонах кузова, а также невоспламеняющееся предупреждение в кабине водителя. Упаковки, перевозимые автотранспортом, должны иметь сертификат грузоотправителя, в котором указаны характеристики перевозимого материала. В большинстве случаев водитель везет копию документа.
- Для железнодорожного транспорта, перевозящего радиоактивные материалы вместе с другими грузами и товарами, плакатирование не требуется.
- Некоторые профессиональные пользователи могут перевозить радиоактивные материалы на автомобильном транспорте без плакатирования и без сертификата грузоотправителя. Это могут быть специалисты по строительной радиографии или работники медицинских учреждений. Однако в этих случаях также необходимо использовать адекватную упаковку, правильно ее маркировать и везти в кабине водителя невоспламеняющееся предупреждение.

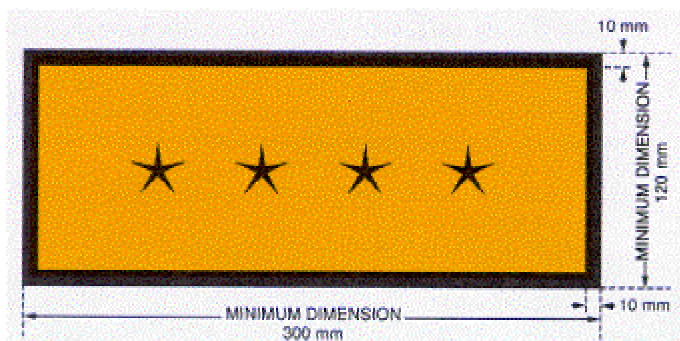


РИС. IV2. Знаки плакатирования

Неупакованные и утерянные источники

Члены групп аварийного реагирования могут быть вызваны на аварии, связанные с утерянными источниками или источниками для гамма-радиографии, которые невозможно поместить обратно в экранированные контейнеры (хотя операторы радиографических приборов должны уметь это делать). Приборы, содержащие радиоактивные источники, могут быть также повреждены во время использования (например, если на стройке тяжелый дорожный каток переехал датчики влажности и плотности).

Радиоактивные источники могут быть в любой физической форме, и, будучи отделенными от своей упаковки, они не могут быть идентифицированы никоим образом. Поэтому без помощи адекватных приборов радиационной разведки простой визуальный поиск утерянного источника, имеющего неизвестный внешний вид, вряд ли будет успешным.

Пустая упаковка

Во многих авариях случается обнаружить пустой контейнер, который ранее использовался для упаковки радиоактивного материала. С таких контейнеров следует снять предупреждающие маркировки и заменить их наклейкой с надписью «Пусто – ранее содержался радиоактивный материал». Существуют регламентирующие требования относительно правильного понимания, снятия и неправильного использования маркировки «Радиоактивность».

Дополнительную информацию по вопросам транспортной упаковки и соответствующих правил можно получить в изданиях [7, 8, 34, 35].

Приложение V

АВАРИИ С ТРАНСГРАНИЧНЫМИ ЭФФЕКТАМИ

Тяжелые аварии на ядерных установках могут приводить к последствиям, поражающим страны, расположенные далеко от территории, где произошла авария. В соответствии с Конвенцией об оперативном оповещении о ядерной аварии [10], государственные органы власти информируются о любой аварии такого рода из МАГАТЭ после того, как эта организация получит уведомление из страны, где произошла авария. Главная цель реагирования на такую аварию – уменьшить вероятность стохастических медицинских эффектов (например, рака) настолько, насколько это реально осуществимо. Решения о проведении защитных мероприятий в пострадавшей стране должны базироваться на результатах мониторинга окружающей среды и измерений радиоактивности продуктов питания, которые сопоставляются сначала с действующими уровнями вмешательства (ДУВ), а затем – с общими или государственными уровнями действий.

Наибольшая угроза при таких авариях исходит от загрязнения окружающей среды (выпадений). Максимальные выпадения образуются в том случае, если во время прохождения шлейфа идет дождь. Независимо от реальной угрозы, восприятие угрозы, о которой сообщают средства массовой информации, само по себе является значительным последствием.

Тем не менее, обычно в распоряжении есть некоторое время, от нескольких часов до нескольких дней, в зависимости от расстояния до места аварии, для того, чтобы предпринять соответствующие защитные мероприятия. Если предполагается, что шлейф будет проходить над данной страной, может потребоваться усиление радиационного мониторинга воздуха и земли, а также широкомасштабный отбор проб продуктов питания. Превентивные меры, такие как защита источников питьевой воды от дождевых стоков, могут помочь ограничить последствия и успокоить население. Может потребоваться запрещение потребления некоторых продуктов, включая дичь и дикорастущие растения. Чтобы противодействовать непрямо́й угрозе, может понадобиться радиационный контроль на границе. Во всех случаях существенным компонентом руководства в условиях кризисной ситуации является обеспечение населения своевременной и точной информацией о реальной опасности.

При таких авариях Ответственный за аварийное реагирование должен предпринять следующие основные действия:

- i. Проинформировать соответствующие государственные правительственные организации, включая, как минимум, Министерство иностранных дел, Министерство здравоохранения, Министерство по охране окружающей среды, Министерство сельского хозяйства, Министерство продовольствия, Министерство торговли, Министерство туризма, а также Компетентные органы по ядерной энергетике.
- ii. Поднять по тревоге необходимый персонал (включая Специалиста-радиолога) или комитеты в соответствии с государственной структурой организации реагирования.
- iii. Убедиться, что метеорологическая служба предоставляет необходимые сведения на постоянной основе (уделяя особое внимание изменениям направления ветра и дождям).
- iv. Получить информацию о том, какие страны поражены или могут быть поражены.

- v. Оценить возможные радиологические последствия аварии (прямые и не прямые) в вашей стране.
- vi. Объяснить государственным организациям необходимость проведения превентивных мероприятий, исходя из возможного воздействия (см. Рисунок VII).
- vii. Повторно оценить возможное не прямое воздействие, базируясь на информации, полученной из пострадавших стран, а также на данных последних метеосводок.
- viii. При наличии прямого воздействия начать проведение соответствующих защитных мероприятий (см. Рисунок VII), исходя из реальных радиационных данных.
- ix. Постоянно информировать правительственные организации о динамике развития ситуации и о ваших решениях.
- x. Постоянно информировать средства массовой информации и население о предпринимаемых действиях и рекомендуемых защитных мерах.
- xi. Обеспечить регистрацию всех действий, решений и/или рекомендаций. Сохранить все записи, карты, информационные бюллетени и т.д.
- xii. Сразу после завершения острой стадии разработать совместно со Специалистом-радиологом и соответствующими государственными организациями план по долговременному наблюдению (если необходимо).
- xiii. Инициировать и контролировать оценку доз облучения населения.
- xiv. Оценить реагирование в целом и подвести итоги полученным урокам. При необходимости откорректировать соответствующим образом план аварийного реагирования. Подготовить отчет.

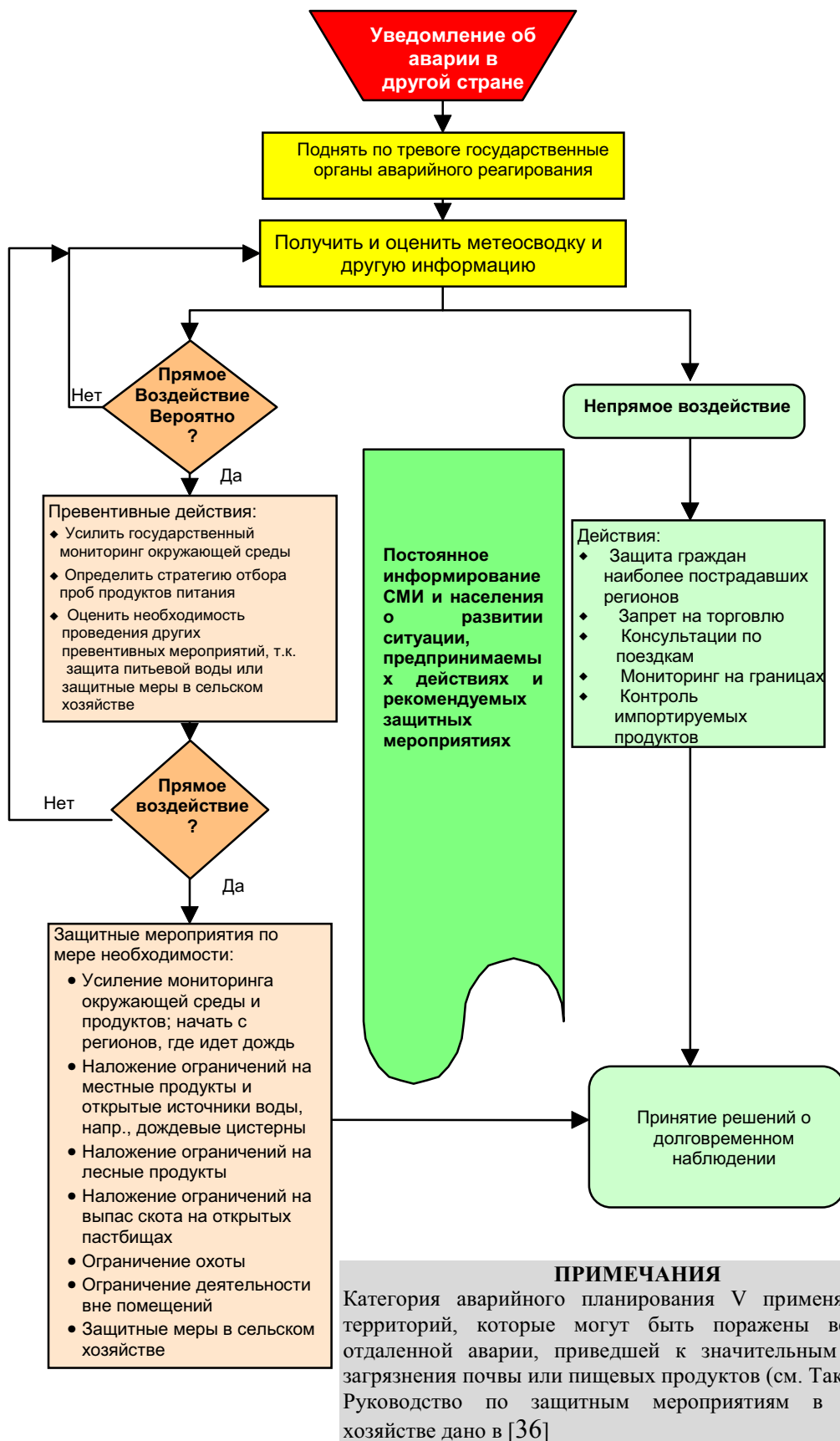


РИС. VI. Схема реагирования в случае тяжелой ядерной аварии для стран, входящих в категорию

Приложение VI

ВОЗВРАЩЕНИЕ СПУТНИКОВ, РАБОТАЮЩИХ НА ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГИИ

Источники ядерной энергии, применяемые в космосе, могут быть вовлечены в аварии разного типа. Аварийное возвращение спутников, как один из них, происходит в результате потери контроля за космическим аппаратом, что приводит к пересечению его траектории с земной атмосферой. Происходит незапланированное преждевременное возвращение спутника, которое заканчивается его столкновением с земной поверхностью. Возвращение спутников, работающих на ядерной энергии, можно предвидеть за несколько недель, хотя некоторые последствия аварии могут произойти в течение нескольких часов. Точное место падения спутника заранее определить невозможно, однако можно рассчитать локализацию довольно широкой полосы земной поверхности, где ожидается падение. Типичная территория ожидаемого падения составляет примерно 100000 км². Спутник может содержать радиоактивные материалы в форме ядерного реактора или термогенератора. Риск облучения от этих материалов может быть разным: от незначительного до огромного. Уровень поверхностного излучения от обломков спутника может достигать 5000 мЗв/час

В соответствии с Конвенцией об оперативном оповещении о ядерной аварии [10], государственные компетентные органы получают информацию из МАГАТЭ о предполагаемом возвращении спутника, работающего на ядерной энергии. МАГАТЭ должно получить такое уведомление от государства, отвечающего за данный спутник. Предварительного уведомления обычно бывает достаточно, чтобы подготовиться к реагированию. Когда уведомление получено, следует предупредить персонал государственных сил реагирования о возможности падения спутника.

При таких авариях Ответственный за аварийное реагирование должен предпринять следующие основные действия:

- i. Установить контакты и линии связи с соответствующими органами власти и организациями.
- ii. Оценить информацию относительно возвращения спутника. Поднять по тревоге Специалиста-радиолога.
- iii. Совместно со Специалистом-радиологом определить, какой информационный бюллетень следует издать для населения. Рассмотреть следующие возможности:
 - предупредить медицинские учреждения и попросить их сообщать о случаях поступления пострадавших с признаками облучения или загрязнения;
 - сообщить в средства массовой информации о необходимости предупредить население о возможном падении обломков спутника, а также проинформировать о том, как распознать эти обломки, что с ними может происходить, что делать в случае их обнаружения, к кому обращаться с вопросами и кому сообщать об обнаружении обломков.
- iv. Предоставить, как минимум, следующие инструкции:
 - не подходить и не прикасаться к обломкам спутника;
 - держаться подальше от места падения.

- v. Исходя из предполагаемой локализации падения спутника, разработать стратегию поиска. Можно рассмотреть возможность разведки с самолета, вертолета или из машины. Пеший поиск обычно является завершающим этапом разведки.
- vi. Организовать группы поиска, оснащенные необходимыми приборами и оборудованием. Подробно проинформировать их об оперативных аспектах задачи поиска, а также о том, с какой радиационной опасностью они могут встретиться.
- vii. Группы поиска должны пользоваться инструкциями из руководства [6].
- viii. Когда местонахождение обломков спутника установлено, выполнить немедленные действия, чтобы их обезопасить. Первое, что следует сделать, - убедиться, что находящееся поблизости население адекватно защищено. Кроме того:
- проинформировать население о том, что обломки обнаружены;
 - убедиться, что все люди, которые могли быть облучены, выявлены, и об этих случаях сообщено в больницу, если это рекомендовано Специалистом-радиологом;
 - если есть необходимость, предоставить больницам радиологическую помощь;
 - инициировать проведение дезактивации людей; убедиться, что они обеспечены медицинским наблюдением.
- ix. Совместно со Специалистом-радиологом или любыми другими профессионалами разработать план операций по очистке (если есть необходимость). Разработать стратегию обращения с отходами (если они есть).
- x. Контролировать проведение операций по очистке территории и обращения с отходами.
- xi. Инициировать и контролировать оценку доз облучения членов поисковых групп и населения (если необходимо). Обеспечить регистрацию всех действий, решений и/или рекомендаций. Сохранить все записи, карты, информационные бюллетени и т.д.
- xii. Оценить реагирование в целом и подвести итоги полученным урокам. При необходимости откорректировать соответствующим образом план аварийного реагирования. Подготовить итоговый отчет.

Дополнительную полезную информацию можно найти в руководстве [11].

Приложение VII

СВЯЗЬ СО СРЕДСТВАМИ МАССОВОЙ ИНФОРМАЦИИ И С НАСЕЛЕНИЕМ

ЗАЧЕМ

Связь со средствами массовой информации и с населением является неотъемлемой частью планов аварийного реагирования. Опыт показывает, что неспособность иметь в наличии адекватные приготовления и обеспечить ресурсы может серьезно помешать действиям, направленным на то, чтобы взять аварийную ситуацию под контроль и провести долговременные восстановительные мероприятия. В результате может быть подорвано доверие к властям. Ключевые задачи состоят в следующем:

1. Обеспечить осведомленность населения о ситуации: люди должны знать, что случилось, какие могут быть последствия, и какие планируются мероприятия.
2. Предотвратить распространение слухов и противоречивой информации; в отсутствие ясной, заслуживающей доверия информации слухи заполняют вакуум, и противодействие им потребует значительно больше усилий, чем изначальная эффективная связь.
3. Поддерживать доверие к властям и другим организациям, участвующим в реагировании на аварийную ситуацию.
4. Дать возможность тем, кто занят оперативным реагированием, сконцентрироваться на выполнении своих функций.
5. Уменьшить психологическое воздействие.

КОГДА и В КАКОЙ ФОРМЕ

Если вы оставите решение всех этих вопросов до тех пор, пока авария действительно не произойдет, вы не сможете обеспечить эффективную связь; ответ будет скорее реактивным, чем проактивным и позитивным; в результате доверие будет подорвано.

1. Брошюры с общей информацией должны быть подготовлены в рамках обеспечения аварийной готовности; в них должны рассматриваться общие термины и применяемые единицы, принципы организации аварийного реагирования и возможные опасности в перспективе.
2. Базовая информация о радиации и аварийных планах должна быть представлена в виде материалов брифингов для прессы; ее можно использовать в течение первых нескольких часов, когда фактов об аварии еще недостаточно.

При подготовке этих и других сообщений должно быть совершенно ясно, для какой аудитории она предназначена. При авариях небольшого масштаба это могут быть только рабочие и служащие предприятия, а также, возможно, их семьи. В то же время при крупных авариях информация должна предназначаться для всего населения, хотя отдельные группы наиболее пострадавших лиц могут нуждаться в отдельном обращении.

Совершенно очевидно, что связь должна поддерживаться постоянно в течение всего периода аварийной ситуации и, возможно, на протяжении некоторого времени после ее прекращения: это особенно верно для восстановительной фазы после аварии с

широко распространяющимися последствиями. Необходимо также сообщать, что сделано для предупреждения подобных инцидентов в будущем.

При крупных авариях бывает необходимо выпускать листовки и другие информационные документы, предназначенные для населения и характеризующие обстоятельства и последствия аварии. Средства массовой информации имеют предельные сроки выпуска, соответствующие особенностям газет, радио- и телепрограмм.

- i. Помните об этом и старайтесь проводить брифинги для журналистов так, чтобы отвечать этим требованиям.
- ii. Будьте предсказуемы и надежны в том, что касается сроков предоставления новой информации.

При крупных авариях население получает сообщения в основном из средств массовой информации, хотя всегда есть определенное число людей, предпочитающих получить информацию, касающуюся их собственных обстоятельств, и нуждающихся в ободрении. Опыт предыдущих аварий, типа той, что произошла в Гойании (Бразилия) (1987) [29], показывает, что для удовлетворения этих потребностей могут быть задействованы значительные ресурсы, включающие:

- (a) «горячие линии» по телефону;
- (b) встречи с заинтересованными группами людей;
- (c) с учетом растущего доступа в Интернет – размещение материалов на Web-страницах.

КАКИМ ОБРАЗОМ

Там, где это возможно, контакты со средствами массовой информации и встречи с населением должен обеспечивать спикер, назначенный соответствующей организацией. При небольших авариях функции спикера могут ограничиваться только тем местом, где произошла авария. По мере увеличения масштабов аварии вовлекается все большее число организаций и правительственных учреждений. При этом важно, чтобы сообщения для прессы и населения были понятными, согласованными и не содержали противоречивых фактов или информации. Чтобы достичь этого, различные организации должны работать в сотрудничестве: механизм, который обеспечивает такую работу, должен быть частью системы готовности к аварийному реагированию. Манера, в которой подаются сообщения во время интервью или встреч с населением, имеет принципиальное значение для доверия людей, которым предназначаются эти сообщения. Ниже приведены некоторые ключевые моменты, касающиеся формы подачи сообщений.

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ПРИНЦИПЫ ОБЩЕНИЯ

Коммуникабельные организации более эффективны в течение длительного времени, чем те, которые предпочитают быть немногословными и скрывать информацию.

«Меньше» может оказаться «больше»: люди ищут глубину, а не ширину.

Общение – это занятие для *тренированных экспертов по связям*, которые работают, консультируясь непосредственно с профессионалами в области ядерной техники. Функция коммуникаций должна быть помещена на *исполнительский уровень* в пределах организации, что облегчает обмен информацией и ее координацию.

Сообщения должны поступать постоянно, в предсказуемые сроки. Невозможно установить правду в условиях молчания или при выдаче сообщений только тогда, когда возникают проблемы.

Основа доверия – открытость, даже если информация приводит в замешательство. Распорядительные органы должны развивать и защищать доверие к себе, что, в свою очередь, способствует обеспечению охраны здоровья и безопасности населения.

Пользуйтесь простыми и понятными терминами, избегая "профессионального жаргона".

Включайте в программу **методы оценки и годовой бюджет**, руководствуясь при составлении программы потребностью аудитории в получении информации.

ДЕСЯТЬ ПРАВИЛ ОБЩЕНИЯ ВО ВРЕМЯ ИНТЕРВЬЮ

Оставайтесь самими собой

Избегайте сложного претенциозного языка. Он ни на кого не производит впечатления. В действительности он только смущает людей и отгораживает вас от аудитории.

Будьте спокойны и уверены

Расслабьтесь и помните, что вы, возможно, знаете больше о своем предмете, чем кто бы то ни было в этой аудитории. Оставайтесь спокойными, что бы ни произошло.

Будьте честными

Если вы не знаете ответа на вопрос, признайте это. Ваша доверительность имеет принципиальное значение. Не рискуйте ею. Если у вас плохие новости, сообщите их. Но при этом проинформируйте, что сделано для решения проблемы.

Будьте краткими

Говорите кратко и просто, стараясь изложить суть вопроса за 30 секунд. Вы будете производить более благоприятное впечатление, если будете говорить только по существу, избегая технического языка.

Будьте человечны

Не бойтесь использовать юмор там, где это уместно. Он способствует созданию дружелюбной и доверительной атмосферы.

Будьте индивидуальны

Истории и примеры из личного опыта помогают ухватить идею или концепцию. Аудитория запоминает ключевые моменты, опираясь на ваше личное понимание.

Будьте подготовленными, позитивными и последовательными

Постоянно помните о ваших целях и придерживайтесь их. Контролируйте и фокусируйте все внимание на вашем материале. Решите для себя заранее, какие три момента (максимум) вы хотите осветить в интервью, и придерживайтесь их, **независимо от вопросов**. Играйте в свою игру! Не тратьте время на теоретические обоснования и т.д.

Будьте внимательны

Сконцентрируйтесь – не отвлекайтесь на посторонние моменты. Слушайте внимательно каждый вопрос. Говорите, то, что думаете, но думайте, что говорите.

Будьте энергичными

Пользуйтесь жестами, мимикой и "языком тела", чтобы придать выразительность своим словам. Сохраняйте разговорные интонации, но представьте себе, что ваш голос имеет "лицо", которое может продемонстрировать различные эмоции и выражения.

Будьте уверенными и искренними

Говорите уверенно. Не бойтесь пауз. Каждый раз, когда вы начинаете говорить, вы должны производить впечатление человека, отвечающего за свои слова.

Приложение VIII

КАК ПОДГОТОВИТЬ ОТЧЕТ ОБ АВАРИИ

При всех радиологических авариях должен готовиться официальный отчет. Такие отчеты помогают документировать важную информацию относительно аварии, включая общее описание, место происшествия, дату, вовлеченных лиц, результаты оценки облучения / загрязнения, медицинские мероприятия, экологические аспекты и начальные мероприятия по ослаблению аварии. Эти отчеты также могут служить основой для расследования аварии, выяснения причин и следствий, что помогает предотвращению подобных инцидентов в будущем. Отчеты также содержат информацию, необходимую для экспертов, помогающих стране в ослаблении последствий аварии. Каждый отчет должен включать, как минимум, следующие разделы:

РЕЗЮМЕ

Краткое описание аварии, ее причин и последствий, характеристика мероприятий по реагированию, извлеченные уроки; основные выводы и рекомендации (если они есть)

ОПИСАНИЕ АВАРИИ

- Провоцирующие события
- Локализация аварии

Укажите все необходимые координаты: страну, республику, штат, административный район, город, объект, лабораторию и т.д.

- Дата и время аварии
- Контактная информация

Фамилии и имена, номера телефонов, факсов, адреса электронной почты

- Условия, в которых произошла авария

Облучающая установка, производство изотопов, промышленная радиография, научные исследования, медицинская диагностика / терапия, транспортная перевозка, общественная собственность, военный объект, гражданский объект, ядерные научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы, другое (укажите, что именно)

- Источник или радиационная установка

Критическая сборка, реакторы, химическая сборка; укажите известную или оцененную активность, отметьте трансурановые элементы, тритий, продукты расщепления, радионуклиды, напр., Co-60, Cs-137, Ir-192; закрытые источники, рентгеновские установки, ускорители частиц, радиолокаторные установки и т.д.

- Тип излучения

Гамма-, бета-, гамма- и нейтронное, рентгеновское, альфа-излучение

РЕАГИРОВАНИЕ НА АВАРИЮ

Начальные действия по выявлению аварии, защитные мероприятия для аварийных работников и населения; ремонтные работы

ПОСЛЕДСТВИЯ ДЛЯ ЧЕЛОВЕКА

- Вид облучения

Внешнее облучение, наружное загрязнение, внутреннее загрязнение

- Количество вовлеченных лиц

Число получивших травмы, дозу облучения, загрязнение

- Медицинская помощь и медицинское наблюдение (если есть)

ПОСЛЕДСТВИЯ ДЛЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

- Тип загрязнения

Загрязнение воздуха, воды, почвы, продуктов питания, объектов

- Резюме по данным радиологической разведки и мониторинга окружающей среды
- Критерии для проведения мероприятий
- Удаление отходов

ОЦЕНКА ДОЗЫ

Оценки доз для аварийных работников и вовлеченных посторонних лиц

ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

Извлеченные уроки, действия по наблюдению, рекомендации по предотвращению аварий, совершенствование системы аварийного реагирования

ЛИТЕРАТУРА

- [1] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Intervention Criteria in a Nuclear or Radiation Emergency, Safety Series No.109, IAEA, Vienna (1994).
- [2] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, International Basic Safety Standards for Protection against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources, Safety Series No. 115, IAEA, Vienna (1996).
- [3] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Emergency Planning and Preparedness for Accidents Involving Radioactive Materials Used in Medicine, Industry, Research and Teaching, Safety Series No. 91, IAEA, Vienna (1989).
- [4] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Generic Assessment Procedures for Determining Protective Actions during a Reactor Accident, IAEA-TECDOC-955, Vienna (1997).
- [5] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Method for the Development of Emergency Response Preparedness for Nuclear or Radiological Accidents, IAEA-TECDOC-953, Vienna (1997).
- [6] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Generic Procedures for Monitoring in a Nuclear or Radiological Emergency, IAEA-TECDOC-1092, Vienna (1999).
- [7] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material (1996 Edition), Safety Standards Series No. ST-1/ Requirements, IAEA, Vienna (1996).
- [8] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Advisory Material for the Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material (1996 Edition), Safety Series No. 7, IAEA, Vienna (1996).
- [9] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Planning and Preparing for Emergency Response to Transport Accidents involving Radioactive Material, IAEA Safety Guide No. ST-3, IAEA, Vienna (2000).
- [10] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Convention on Early Notification of a Nuclear Accident and Convention on Assistance in the Case of a Nuclear Accident or Radiological Emergency, Legal Series No.14, IAEA, Vienna (1987).
- [11] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Emergency Planning and Preparedness for Re-entry of a Nuclear Powered Satellite, Safety Series No. 119, IAEA, Vienna (1996).
- [12] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Clearance Levels for Radionuclides in Solid Materials, Application for Exemption Principles, IAEA-TECDOC-855, Vienna (1996).
- [13] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Clearance of Materials Resulting from the Use of Radionuclides in Medicine, Industry and Research, IAEA-TECDOC-1000, Vienna (1998).
- [14] US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, External Exposure to Radionuclides in Air, Water, and Soil, Federal Guidance Report No. 12, US EPA, EPA-402-R-93-081, Washington DC (1993).
- [15] US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, Manual of Protective Action Guides and Protective Actions for Nuclear Incidents, Rep. US EPA, EPA 400-R-92-001, Washington DC (1992).
- [16] 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 – Principles, Procedures and Data, Safety Series No. 81, IAEA, Vienna (1986).

- [17] SHLEIEN, B., Preparedness and Response in Radiation Accidents, Health and Human Service, Food and Drug Administration, Rep. FDA-824 (1983).
- [18] JACOB, P., MECKBACH, R., Shielding factors and external dose evaluation, radiation protection dosimetry, **21** 1/3 (1987) 79-85.
- [19] JENSEN, P.H., Atmospheric Dispersion and Environmental Consequences — Exposure from Radioactive Plume Pathways, Rep. Risø-M-2849(EN), Risø National Laboratory, Roskilde, Denmark, (1992).
- [20] INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION, Age-dependent Doses to Members of the Public from Intake of Radionuclides: Part 4 Inhalation Dose Coefficients, ICRP Publication 71, Vol. 25 Nos 3-4 (1995).
- [21] ECKERMAN, K.F., WOLBARST, A.B., RICHARDSON, A.C.B., Limiting Values of Radionuclide Intake and Air Concentration and Dose Conversion Factors for Inhalation, Submersion, and Ingestion, Rep. EPA-520/1-88-020, Federal Guidance Report No. 11, Environmental Protection Agency, Washington DC (1988).
- [22] RAMSDELL, J.V., Atmospheric Diffusion for Control Room Habitability Assessments, Rep. NUREG/CR-5055 (PNL-51998), Pacific Northwest Laboratory, Richland, Washington DC (1988).
- [23] TURNER, D.B., Workbook of Atmospheric Dispersion Estimates, AP-26, US Environmental Protection Agency, Office of Air Programs, Research Triangle Park, North Carolina (1970).
- [24] SHLEIEN, B., The Health Physics and Radiological Health Handbook, Revised Edition, Silver Spring, USA (1992).
- [25] McGUIRE, S.A., A Regulatory Analysis on Emergency Preparedness for Fuel Cycle and Other Radioactive Material Licensees (Final Report), NUREG-1140, US Nuclear Regulatory Commission, Washington DC (1988).
- [26] SOFFER, L., et al, Accident Source Terms for Light Water Nuclear Power Plants, Rep. NUREG-1465, US Nuclear Regulatory Commission, Washington DC (1992).
- [27] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Medical Handling of Accidentally Exposed Individuals, Safety Series No. 88, IAEA, Vienna (1988).
- [28] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Assessment and Treatment of External and Internal Radionuclide Contamination, IAEA-TECDOC-869, Vienna (1996).
- [29] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, The Radiological Accident in Goiânia, IAEA, Vienna (1988).
- [30] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, The Radiological Accident in San Salvador, IAEA, Vienna (1990).
- [31] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, The Radiological Accident in Soreq, IAEA, Vienna (1993).
- [32] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Accidental Overexposure of Radiotherapy Patients in San José, Costa Rica, IAEA, Vienna (1998).
- [33] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Lessons Learned from Accidents in Industrial Irradiation Facilities, IAEA, Vienna (1996).
- [34] NATIONAL RADIOLOGICAL PROTECTION BOARD, NAIH Handbook, 1995 Edition, Harwell (1995).
- [35] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Schedules of Requirements for the Transport of Specified Types of Radioactive Material Consignments, Safety Series No. 80 (as amended 1990), IAEA, Vienna (1990).
- [36] INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIATION UNITS AND MEASUREMENTS, Determination of Dose Equivalents Resulting from External Radiation Sources, Report 39, Bethesda, MD (1985).

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

ГЛОССАРИЙ



аварийная ситуация

Любая природная или спровоцированная человеком ситуация, которая приводит или может привести к травматизации людей или нанесению ущерба людям, собственности или окружающей среде, и при которой необходимо предпринять немедленные действия по защите людей, собственности или окружающей среды.

авария

Любое непреднамеренное событие, включая ошибки во время эксплуатации, отказы оборудования или другие неполадки, реальные или потенциальные последствия которых не могут игнорироваться с точки зрения *защиты и безопасности*.

аварийное облучение

См. *облучение*.

аварийные инструкции

Комплект документов, в которых подробно описаны действия, выполняемые участниками аварийного реагирования во время аварийной ситуации.

аварийный план

Документ, в котором описана организационная структура, роли и обязанности, концепция действий, средства и принципы осуществления вмешательства во время аварийной ситуации.

аварийный работник

Лицо, осуществляющее аварийные работы.

аварийный уровень действия

См. *уровень*.

активность

Скорость, с которой происходит расщепление ядер в данном радиоактивном материале. Математически выражается следующим образом:

$$A(t) = \frac{dN}{dt}$$

где dN – ожидаемое число спонтанных ядерных превращений из данного энергетического состояния, происходящих за промежуток времени dt . В системе СИ единицей измерения активности является обратная секунда (сек^{-1}), которая называется беккерель (Бк)². 1 Бк = 1 распад/сек

атомная масса (A)

Сумма числа протонов и нейтронов в атоме.

2 Кюри (Ки), равное 3.7×10^{10} беккерелей, является единицей *активности*, употреблявшейся ранее

Б**беккерель**

Наименование единицы *активности радионуклида*. См. также *активность*.

В**взвешивающий коэффициент излучения**

Число, на которое умножают значение *поглощенной дозы* в органе или ткани, для учета *относительной биологической эффективности* ионизирующего излучения в индукции *стохастических эффектов* при малых *дозах*, результатом чего является значение *эквивалентной дозы*. Значения определены МКРЗ как функция неограниченной *линейной передачи энергии*. См. также *коэффициент качества*.

вмешательство

Любое действие, направленное на снижение или предотвращение *облучения* или возможности *облучения* от *источников*, которые не являются частью санкционированной (или освобожденной от контроля) практической деятельности, или которые вышли из-под контроля вследствие *аварии*.

внешнее облучение

См. *облучение*.

внутреннее облучение

См. *облучение*.

восстановительная мера

Действие, выполняемое в ситуации *вмешательства*, связанной с *хроническим облучением*, в целях снижения доз *облучения*, которые могли бы быть получены без ее применения. Действия, осуществляемые в отношении людей в ситуациях любых типов, обычно рассматриваются скорее как *защитные меры*, нежели *восстановительные*. См. также *защитная мера*.

выпадения

Загрязнение на поверхности или на глубине не более нескольких см от поверхности почвы или поверхности любого другого материала.

Г**годовая доза**

См. *доза*.

горячий участок

Локализованные участки, на которых значения *мощности дозы* или *загрязнения* в результате *выпадений* значительно выше, чем вокруг них.

граница

граница площадки: Граница территории площадки.

граница площадки

См. *граница*.

грей

Название единицы *поглощенной дозы*; см. также *доза*.



дезаktivация

Полное или частичное удаление *загрязнения*.

действующий уровень вмешательства (ДУВ)

См. *уровень*.

детерминированный эффект

Индукцированный радиацией медицинский эффект, который обязательно возникнет при облучении индивидуума в *дозе*, превышающей пороговую, при этом тяжесть проявления эффекта возрастает с увеличением *дозы*. Для проявления каждого эффекта существует своя пороговая *доза*, однако она, в некоторой степени, может зависеть также от особенностей облучаемого индивидуума. Примерами *детерминированных эффектов* могут служить эритема и лучевая болезнь. См. также *стохастический эффект*.

доза

Мера энергии, которая передана ионизирующим излучением мишени. Обычно термин используется без уточнения, когда контекст делает смысл очевидным, или в качестве общего термина, когда различные определители могут быть использованы в равной степени. См. также *поглощенная доза*, *коллективная доза*, *эффективная доза*, *эквивалентная доза* и *доза на орган*.

поглощенная доза: Энергия, переданная ионизирующим излучением на единицу массы облученного вещества, выражается в Дж/кг, специальное название - грей (Гр)³. Математическое выражение:

$$D = \frac{d\bar{\epsilon}}{dm}$$

т.е., средняя энергия, переданная ионизирующим излучением веществу, находящемуся в элементарном объеме, разделенная на массу вещества в этом элементарном объеме. Таким образом, показатель предполагает определение дозы в данной точке; при определении дозы в органе или ткани показатель усредняется, см. *доза на орган*. См. Публикацию МКРЗ N 60 [36].

годовая доза: Сумма *дозы*, полученной от *внешнего облучения* в течение года, и *ожидаемой дозы* от поступления радионуклидов в организм человека в этом году. Таким образом, в общем смысле *годовая доза* не равна *дозе*, действительно полученной в течение данного года.

предотвращаемая доза: Проспективная оценка *предотвращенной дозы*, которая может ожидаться при проведении конкретной *контрмеры* или ряда *контрмер*.

предотвращенная доза: Ретроспективная оценка *дозы*, предотвращенной при проведении конкретной *контрмеры* или ряда *контрмер*, т.е. разница между *прогнозируемой дозой* без применения контрмер(ы) и реальной *прогнозируемой дозой*.

коллективная доза: Общая доза на определенную группу населения. Если не указано другое определение, то считается, что *доза* формируется в течение бесконечного времени; если указан конечный временной предел формирования дозы, то считается, что формирование дозы прекратилось в указанное время.

3 Ранее в качестве единицы *поглощенной дозы* использовался рад, равный 0,01 Гр.

Обычно имеют в виду *эффективную дозу*, единица измерения - человеко-Зиверт (чел-Зв).

ожидаемая доза: Доза, формируемая в результате поступления радионуклидов в организм человека в течение 50 лет (70 лет – для поступлений в организм новорожденных или детей). Указанная доза может быть *поглощенной дозой*, *эффективной дозой*, *эквивалентной дозой* или *дозой на орган*, и выражается в единицах Гр или Зв.

эффективная доза: Показатель дозы, отражающий степень *радиационного ущерба* от дозы, рассчитанный как взвешенная сумма (с использованием *тканевого взвешивающего коэффициента* w_T) *эквивалентных доз* H_T в различных тканях организма, т.е.:

$$E = \sum_T w_T H_T$$

Таким образом, значения *эффективных доз* от различных видов ионизирующего излучения на различные органы могут сравниваться непосредственно. Единица измерения – Дж/кг, специальное название – зиверт (Зв)⁴. См. Публикацию МКРЗ N 60.

эквивалентная доза: Показатель дозы на ткань или орган, предназначенный для отражения количества нанесенного ею вреда, рассчитанный путем перемножения *средней поглощенной дозы* на орган или ткань и соответствующего *взвешивающего коэффициента излучения*. Таким образом, значения *эквивалентной дозы* на конкретную ткань от ионизирующего излучения различных видов могут быть сравнены непосредственно. Символ H_T , единица Дж/кг, специальное название – зиверт (Зв). См. Публикацию МКРЗ N 60 [37].

доза на орган: Средняя *поглощенная доза* на ткань или орган, т.е. общая энергия, поглощенная тканью или органом, деленная на массу ткани или органа.

прогнозируемая доза: Доза, которая предположительно может быть получена, если будут проведены конкретная *контрмера* или ряд *контрмер*, или если не будут проведены *контрмеры*.

доза на орган

См. *доза*.

дозовый коэффициент

Ожидаемая эффективная доза от поступления (с указанием пути поступления – обычно ингаляционным путем или с продуктами питания) единицы *активности* конкретного радионуклида в конкретной химической форме. Значения указаны в BSS [2]. Ранее выражалась в единицах *дозы на единицу поступления*.

допустимая доза облучения аварийных работников

Суммарное значение *дозы*, получаемой *аварийным работником*, которое, по мере возможности, не должно быть превышено при проведении мероприятий по аварийному реагированию.

E

естественное облучение

См. *облучение*.

4 Бэр, равный 0,01 Зв, ранее использовался как единица *эквивалентной дозы* и *эффективной дозы*.

З

за пределами площадки

Территория за пределами *границ площадки*.

загрязнение

Присутствие радиоактивных веществ или материалов на поверхностях, или внутри твердых материалов, жидкостей или газов (включая человеческое тело), где они не должны присутствовать, или где их присутствие нежелательно.

фиксированное загрязнение: *Загрязнение*, отличное от *снимаемого*.

снимаемое (нефиксированное) загрязнение: *Загрязнение*, которое можно легко удалить.

закрытый источник

См. *источник*.

захоронение

См. *захоронение отходов*.

захоронение отходов

Помещение радиоактивных отходов в соответствующий объект без намерения изъять их обратно.

защита

радиационная защита или **радиологическая защита:** Термин используется в двух несколько различающихся случаях. Для более общего использования — защита от радиационной опасности — см. *защита и безопасность*. Термин *радиационная защита* также часто используется в отношении действующих ядерных установок для описания мер, касающихся контроля *профессионального облучения*, в отличие от предотвращения и смягчения *аварий*, контроля сбросов и обращения с отходами.

защита и безопасность

Защита людей от *облучения* в результате воздействия ионизирующего излучения или радиоактивных веществ, а также безопасность *источников* излучения, включая средства обеспечения такой защиты и безопасности, а также средства предотвращения *аварий* и смягчения последствий *аварий* в случае, если они происходят.

защитная мера

Вмешательство, направленное на предупреждение облучения или на снижение доз для *представителей населения* в условиях *хронического* или *аварийного облучения*. См. также *восстановительная мера*. Термин используется также в ядерной безопасности для обозначения действия защитной системы, запускающей срабатывание конкретного устройства обеспечения безопасности.

зиверт

Название единицы *эквивалентной дозы*. См. также *доза*.

зона

контролируемая зона: Определенная территория, на которой проведение конкретных защитных мероприятий или принятие превентивных мер безопасности требуется или может потребоваться для контроля нормального уровня облучения или для предупреждения распространения *загрязнения* при нормальных рабочих условиях, а также для предупреждения или ограничения степени тяжести потенциального облучения.

И

ИЗОТОП

Атомы одного и того же элемента, содержащие одинаковое число протонов, но разное число нейтронов.

изотоп-маркер: Изотоп, содержащийся в выпадениях или пробе, который может быть легко определен в полевых или лабораторных условиях. Используется для выявления представляющих интерес территорий перед проведением углубленного изотопного анализа.

ингаляционная доза

Ожидаемая доза в результате ингаляционного поступления радиоактивных веществ и последующего отложения этих *радионуклидов* в тканях организма.

индивидуальный мониторинг

См. *мониторинг*.

источник

Все, что может вызывать *облучение* при испускании ионизирующего излучения или выбросе радиоактивных веществ или материалов, и может рассматриваться как единое целое с точки зрения *радиационной защиты и безопасности*. Например, вещества, выделяющие *радон*, являются *источниками*, существующими в окружающей среде; гамма-облучающая установка для лучевой стерилизации является *источником*, используемым в *практической деятельности* для сохранения пищевых продуктов; рентгеновская установка может быть *источником*, используемым в *практической деятельности* в целях лучевой диагностики, *атомная электростанция* является *источником*, применяемым в *практической деятельности* при производстве электроэнергии на основании энергии ядерного деления; - все они могут рассматриваться в качестве *источников* (напр., с точки зрения воздействия на окружающую среду) или в качестве группы *источников* (напр., с позиций профессиональной *радиационной защиты*). В общем смысле термин *источник* (и особенно, *закрытый источник*) подразумевает радиоактивный источник небольшой интенсивности, который может использоваться в медицинских целях или в промышленных приборах.

естественный источник: Возникший естественным путем *источник* ионизирующего излучения, такой как солнце и звезды (*источники* космического излучения), скалы и почва (наземные *источники* ионизирующего излучения).

закрытый источник: Радиоактивное вещество, которое (а) постоянно находится в герметично запаиваемой капсуле, или (б) жестко связано и находится в твердом состоянии. Термин *специальная форма радиоактивного материала*, используемый в контексте *транспортировки* радиоактивных материалов, имеет очень похожий смысл.

открытый источник: Любой *источник*, который не подходит под определение *закрытого источника*.

Й

йодная профилактика

Прием внутрь препаратов стабильного йода (обычно йодида калия) с целью предупреждения или уменьшения поглощения щитовидной железой радиоактивных *изотопов* йода в случае аварии с вовлечением радиоактивного йода. В качестве синонима в литературе используется также термин *блокирование щитовидной железы*.

К

калибровка

Измерение на приборе или регулировка прибора, компонента или системы с тем, чтобы убедиться в приемлемости их точности или ответа. *Калибровка* модели – это процесс, при котором прогнозируемые данной моделью показатели сравниваются с результатами полевых наблюдений и/или с результатами измерений, полученных с помощью данной модели в эксперименте, с последующей настройкой модели по мере необходимости.

коллективная доза

См. *доза*.

компетентный орган

Государственный *регулирующий орган* или международная регулирующая организация.

контрмера

Вмешательство, направленное на смягчение радиологических последствий *аварии*. Это могут быть *защитные мероприятия* и *восстановительные мероприятия*; и там, где это возможно, следует использовать указанные термины, являющиеся более специфическими.

концентрация активности

Активность радионуклида на единицу массы (или на единицу объема) материала или на единицу поверхности территории.

коэффициент качества

Число, на которое умножается *поглощенная доза* в органе или ткани, для обозначения *относительной биологической эффективности* ионизирующего излучения, результатом чего является *эквивалент дозы*. Термин заменен на *взвешивающий коэффициент излучения* в определении МКРЗ *эквивалентной дозы*, но по-прежнему определен, как функция *линейной передачи энергии*, для использования в расчете величин *эквивалента дозы*, используемых при *мониторинге*.

М

мониторинг

Измерение радиационных или других параметров для целей, связанных с *оценкой* или контролем за *облучением*, а также интерпретации результатов этих измерений. Используется также в системе ядерной безопасности для периодического или постоянного определения состояния системы.

мониторинг окружающей среды: Мониторинг, при котором измеряемые параметры соотносятся с характеристиками окружающей среды, что позволяет оценить возможное присутствие в окружающей среде *ионизирующего излучения*.

индивидуальный мониторинг: Мониторинг, при котором измеряемые параметры соотносятся с *облучением*, полученным конкретным человеком (наиболее часто, *рабочим*).

мониторинг источника: Измерение мощности дозы внешнего облучения, обусловленной *источником* или *активностью* радиоактивного материала, попавшего в окружающую среду.

мониторинг окружающей среды

См. *мониторинг*.

мощность амбиентной дозы

См. *мощность дозы*.

мощность дозы

Показатель мощности, при которой энергия излучения передается мишени. Обычно используется без уточнения, если контекст очевиден, или как общий термин, если в одинаковой степени могут быть использованы различные уточняющие значения, например, *мощность поглощенной дозы*, *мощность эквивалентной дозы*.⁵

Н

накопленная доза

См. *доза*.

нахождение в облаке (иммерсия)

Пребывание внутри радиоактивного облака.

нелегальное перемещение

Несанкционированные прием, владение, использование, перевозка или захоронение радиоактивных материалов на национальном или международном уровнях, которое может производиться с пересечением или без пересечения международных границ.

О

обеспечение качества

Плановые, выполняемые систематически, действия, которые необходимы для гарантии адекватного соответствия качества данного предмета или данной службы установленным требованиям.

облучение

Действие или условие, в котором человек подвергается воздействию облучения.⁶

5 Хотя, в принципе, *мощность дозы* можно определить за любой промежуток времени (например, *годовую дозу* можно также определить как *мощность дозы*), в документах МАГАТЭ термин *мощность дозы* обычно используется только в контексте короткого временного периода (например, *доза за секунду*, или *доза за час*).

6 Термин *облучение* также используется в радиохимии для количественного выражения ионизации, возникающей в воздухе под действием ионизирующего излучения.

острое облучение: Описательный термин, для обозначения *облучения* в течение определенного (краткого) периода времени.

аварийное облучение: *Облучение*, полученное во время аварийной ситуации. Может включать незапланированное *облучение* непосредственно вследствие аварийной ситуации, либо планируемое *облучение* лиц, осуществляющих действия по смягчению аварийной ситуации.

внешнее облучение: *Облучение* от источника, находящегося вне тела человека.

внутреннее облучение: *Облучение* от источника, находящегося внутри тела человека.

профессиональное облучение: Любое *облучение* работников в процессе их работы, помимо облучения, обусловленного практической деятельностью или источниками, освобожденными из-под контроля регулирующего органа.

потенциальное облучение: *Облучение*, которого нельзя ожидать с абсолютной уверенностью, но которое может иметь место в результате события или последовательности событий гипотетического характера, аварии и события, влияющего на целостность хранилища отходов.

облучение населения: *Облучение* представителей населения в результате воздействия источников облучения, кроме любого профессионального или медицинского облучения и облучения, обусловленного нормальным местным природным фоновым излучением. Оно включает также облучение, получаемое при использовании разрешенных источников и осуществлении разрешенной практической деятельности и в ситуациях *вмешательства*.

облучение от выпадений

Гамма-излучение от радиоактивных материалов, выпавших на землю.

общий уровень вмешательства (ОУВ)

См. *уровень*.

общий уровень действия (ОУД)

См. *уровень*.

оценка

Процесс и результат систематического анализа опасности, связанной с источниками и практической деятельностью. Оценка связана с мерами защиты и безопасности и предназначена для определения количества осуществляемых мер с учетом соответствующих критериев.

II

первый реагирующий

Первые реагирующие – это профессионально компетентные члены реагирующей организации, прибывшие первыми с целью осуществления реагирования на место аварии, утечки жидкости или пожара с вовлечением радиоактивных источников. Это могут быть полицейские, пожарные, медики или группы реагирования объекта.

переселение

Перемещение *представителей* населения из мест постоянного проживания на продолжительный период времени, как *защитная мера* в ситуации *хронического облучения*.

период полураспада

Время, в течение которого *активность* радионуклида уменьшается в два раза в результате радиоактивного распада. Используется также с определениями, указывающими на время, в течение которого количество указанного материала (например, радионуклида) в указанном месте уменьшится в два раза в результате любого указанного процесса или процессов, которые следуют аналогичной экспоненциальной зависимости, характерной для радиоактивного распада.

период биологического полураспада: Время, в течение которого количество материала в указанной ткани, органе или части тела (или любой другой биологической субстанции) уменьшается в два раза в результате биологических процессов.

период эффективного полураспада: Время, в течение которого *активность* радионуклида в указанном месте уменьшается в два раза в результате всех соответствующих процессов.

период радиоактивного полураспада

См. *период полураспада*.

площадка

Территория в пределах *границ площадки*.

предел

Значение величины, которое не должно быть превышено.

дозовый предел (предел дозы): *Предел общей годовой эффективной дозы индивидуума (или средней годовой эффективной дозы за определенное число лет) или годовой эквивалентной дозы на ткань или орган от конкретных источников. В BSS [2] определены дозовые пределы для рабочих и представителей населения.*

предписанный предел: *Предел измеряемого количества, утвержденного или официально принятого регулирующим органом. По смыслу соответствует санкционированному пределу, который получил более широкое распространение в терминологии ядерной безопасности. Там, где это возможно, следует пользоваться термином *санкционированный предел*.*

предотвращаемая доза

См. *доза*.

предотвращенная доза

См. *доза*.

представитель населения

В широком смысле – любое лицо из состава населения, за исключением тех случаев, когда этот человек подвергается *профессиональному* или *медицинскому облучению*.

прогнозируемая доза

См. *доза*.

профессиональное облучение

См. *облучение*

путь облучения

Путь, по которому радиоактивные вещества могут попасть к человеку или облучить его.

Р

радиационная защита; радиологическая защита

См. *защита*.

радиоактивные отходы

Материал в любой физической форме, остающийся в результате деятельности или вмешательства, повторное использование которого не предусмотрено, содержащий радиоактивные вещества или загрязненный радиоактивными веществами. Активность или концентрация активности данного материала превышает регламентированный уровень.

радиоактивный распад

Преобразование нестабильных изотопов в более стабильную форму, сопровождаемое эмиссией заряженных частиц и/или гамма-излучением.

радиойод

Один или более радиоактивных изотопов йода.

радионуклид

Ядро (атома), обладающее свойствами спонтанного распада (радиоактивность). Ядра различаются по массе и атомному числу.

разведка

радиационная разведка: Оценка радиационных условий и потенциальной опасности, связанной с производством, использованием, перемещением, выбросом, уничтожением или присутствием радиоактивного материала или других *источников* ионизирующего излучения.

рассеянное облучение от облака

Гамма-излучение от радиоактивного материала, находящегося в облаке.

регулирующий орган

Орган или органы власти, назначенные или иным образом уполномоченные правительством для обеспечения функции регулирования по вопросам *защиты и безопасности*. (Иногда используется термин регулирующая власть).

руководство по возвращению

Интегрированное значение *дозы*, по данным прямопоказывающего дозиметра, свидетельствующее о том, что *аварийный работник* получил *дозу*, превышающую рекомендованный предел, и должен покинуть зону, где возможно дополнительное облучение в значительной дозе.

С

снимаемое (нефиксированное) загрязнение

См. *загрязнение*

сортировка

Быстрый метод, позволяющий с помощью простых приемов разделить людей на группы в зависимости от наличия у них травмы и/или болезни; цель *сортировки* - ускорить оказание медицинской помощи и обеспечить максимально эффективное использование имеющихся клинических служб и объектов.

средства блокирования щитовидной железы

Вещества, препятствующие или уменьшающие захват радиоактивного йода щитовидной железой. Обычно для этих целей используется стабильный йодид калия (KI), который принимают внутрь.

стабильный йод

Йод, состоящий только из нерадиоактивных изотопов йода. См. также *средства блокирования щитовидной железы*.

стохастический эффект

Медицинский эффект, вероятность развития которого повышается пропорционально *дозе* облучения, а тяжесть проявления (если он развился) не зависит от *дозы*. *Стохастические эффекты* могут быть соматическими или наследственными, обычно не имеют пороговой *дозы*. Примеры стохастических эффектов: рак, лейкоз. См. также *детерминированный эффект*.

T

тканевой взвешивающий коэффициент

Число, на которое умножается *эквивалентная доза* на орган или ткань, что позволяет учесть различную чувствительность органов и тканей к индукции *стохастических эффектов* ионизирующего излучения. Значения показателя для использования в расчетах *эффективной дозы* представлены МКРЗ [37].

У

укрытие

Защитная мера, направленная на уменьшение облучения *представителей населения* в ситуации *аварийного облучения*, в соответствии с которой людям рекомендуется оставаться внутри помещений с закрытыми окнами и дверями.

уровень

уровень действий: В общем смысле, значение указанной измеряемой величины, при превышении которого будут предприниматься определенные действия. Наиболее часто используется для обозначения уровня *мощности дозы* или *концентрации активности*, при превышении которого в условиях *хронического облучения* или *аварийного облучения* должны проводиться *восстановительные мероприятия* или *защитные мероприятия*.

общий уровень действий: Общий уровень *концентрации активности*, при превышении которого в условиях *хронического облучения* или *аварийного облучения* должны проводиться *восстановительные мероприятия* или *защитные мероприятия*.

уровень вмешательства: Специфический уровень *предотвращаемой дозы*, при достижении или превышении которого проводится конкретное *защитное*

мероприятие или *восстановительное мероприятие* в случае возникновения ситуации *аварийного облучения* или ситуации *хронического облучения*.

общий уровень вмешательства: Общий уровень *предотвращаемой дозы*, при достижении или превышении которого проводится конкретное *защитное мероприятие* или *восстановительное мероприятие* в случае возникновения ситуации *аварийного облучения* или ситуации *хронического облучения*. Значения приводятся в BSS [2].

действующий уровень вмешательства: Рассчитанное значение (например, *мощность амбиентной дозы* или *концентрация активности*), измеренное приборами или определенное в результате лабораторного анализа и соответствующее уровню вмешательства или уровню действий.

уровень вмешательства

См. *уровень*.

Ф

фиксированное загрязнение

См. *загрязнение*.

фоновый уровень (радиации)

Уровень ионизирующего излучения, обычно присутствующий в данном регионе и исходящий от источников, не относящихся к тем, которые являются предметом основного внимания.

функция аварийного реагирования

Конкретная задача или группа задач, имеющих общую специальную цель, выполнение которых может потребоваться в случае возникновения аварийной ситуации.

Ш

шлейф (атмосферный)

«Облако» взвешенного в воздухе материала, выброшенного в окружающую среду, которое может содержать радиоактивные вещества и быть либо видимым, либо невидимым.

Э

эвакуация

Быстрое временное перемещение людей с пораженной территории с целью избежать или уменьшить их кратковременное облучение в случае возникновения аварийной ситуации.

эквивалент дозы

Показатель *дозы* на орган или ткань, предназначенный для количественного выражения индуцированного вреда; рассчитывается путем умножения средней *поглощенной дозы* в органе или ткани на соответствующий *коэффициент качества*. Заменен показателем *эквивалентной дозы* (см. *доза*), как основной величиной, рекомендуемой МКРЗ, а также применяемой для расчета *эффективной дозы*. Однако определения некоторых действующих величин *дозы* по-прежнему используют эту величину.

эквивалент амбиентной дозы: Непосредственно измеряемая величина, которая представляет *эффективную дозу*, и используется при *мониторинге окружающей среды* в условиях воздействия *внешнего облучения*. В МКРЕ [36] дано определение эквивалента амбиентной дозы как *эквивалента дозы*, которая создается в некоторой точке в соответствующим образом направленном и распространяемом поле излучения в стандартном шаре МКРЕ на глубине d по радиусу, имеющему направление, противоположное направлению распространения поля; символ $H^*(d)$ [36]. Для *сильно проникающего излучения* рекомендуется величина $d = 10$ мм.

эквивалентная доза

См. *доза*.

эффективная доза

См. *доза*.

эффективный эквивалент дозы

См. *эквивалент дозы*.

ОБОЗНАЧЕНИЯ

| Символ | Единица | Определение |
|------------|-------------------------------------|---|
| A | Бк | активность; активность источника, активность радионуклида; нижний индекс i определяет радионуклид; A_t – активность в точке времени t , A_0 – активность в точке времени t_0 |
| | кБк | |
| | МБк | |
| A_l | Бк/м | концентрация линейной активности |
| AMN | | атомная масса; число, которое определяет радионуклид |
| A_s | Бк/м ² | концентрация поверхностной активности |
| A_{sp} | кБк/г | удельная активность |
| $C_{j,i}$ | Бк/м ³ | концентрация активности; концентрация радионуклида(ов) в воздухе, пробах или на поверхности; первый нижний индекс определяет: а-воздух, г-почва, s-поверхность (или кожа), f-продукты; второй нижний индекс определяет радионуклид; черта над C означает среднюю концентрацию или наилучшую оценку; для обозначения концентрации поверхностной активности иногда используется A_s |
| | Бк/л | |
| | Бк/кг | |
| | Бк/м ² | |
| $CF_{1,i}$ | (мЗв/час)/ (кБк/м ³) | коэффициент перехода на щитовидную железу для радионуклида i ; ожидаемая эквивалентная доза на щитовидную железу, полученная при вдыхании загрязненного воздуха в течение одного часа; скорость дыхания принята равной 1,2 м ³ /час |
| $CF_{2,i}$ | (мЗв/час)/ (кБк/м ³) | коэффициент перехода для радионуклида i ; ожидаемая эффективная доза, полученная при вдыхании загрязненного воздуха в течение одного часа; скорость дыхания принята равной 1,2 м ³ /час |
| $CF_{3,i}$ | (мЗв/час)/ (кБк/м ²) | коэффициент перехода; мощность амбиентной дозы на уровне 1 м над поверхностью земли на единицу выпадений радионуклида i |
| $CF_{4,i}$ | (мЗв/час)/ (кБк/м ²) | коэффициент перехода; эффективная доза на единицу выпадений для радионуклида i ; включает дозу от внешнего облучения и ожидаемую эффективную дозу от вдыхания радионуклида за счет ресуспендирования оставшихся радионуклидов на загрязненной почве за данный период времени. |
| $CF_{5,i}$ | мЗв/кБк | коэффициент перехода для дозы, полученной пероральным путем; ожидаемая эффективная доза от перорального поступления на единицу поступления радионуклида i |
| $CF_{6,i}$ | (мЗв/час)/(кБк) | коэффициент перехода для точечного источника на расстоянии 1 м от источника; эффективная доза, полученная при облучении в течение 1 часа от точечного источника 1 кБк |
| $CF_{7,i}$ | (мГр/час)/(кБк) | коэффициент перехода для точечного источника; мощность дозы на расстоянии 1 м от точечного источника 1 кБк |
| $CF_{8,i}$ | мЗв/(Бк/см ²) | коэффициент перехода для дозы на кожу от источника бета-излучения; эквивалентная доза на кожу на единицу выпадений радионуклида i на кожу или одежду |

| Символ | Единица | Определение |
|---------------|-------------------------------------|---|
| $CF_{9,i}$ | (мЗв/час)/ (кБк/м ³) | коэффициент перехода для внешнего γ -облучения в результате пребывания в загрязненном воздухе |
| \dot{D} | мкГр/час мГр/час | мощность дозы γ -излучения |
| $DI_{f,i}$ | Д | дни поступления; период, в течение которого, предположительно, потреблялись продукты питания |
| $d_{1/2}$ | См | слой половинного ослабления |
| DF_m | - | коэффициент разведения |
| E_T | Зв мЗв | общая эффективная доза |
| E_{ext} | Зв мЗв | эффективная доза от внешнего облучения |
| E_{inh} | Зв мЗв | ожидаемая эффективная доза от вдыхания радионуклида |
| E_{ing} | Зв мЗв | ожидаемая эффективная доза от перорального поступления |
| FRF | - | фракция выброса с пламенем |
| \dot{H}_g^* | мЗв/час | мощность амбиентной дозы на высоте 1 м над поверхностью земли от загрязнения почвы |
| H_s | Зв | эквивалентная доза (от бета-излучения) на кожу; нижний индекс i означает радионуклид i |
| $H_{s,i}$ | мЗв | |
| H_{thy} | Зв мЗв | ожидаемая эквивалентная доза на щитовидную железу |
| OF | - | коэффициент защищенности; это часть времени, к которой применим коэффициент экранирования SF, то есть, часть времени, проведенная в помещении; предполагается, что в остальное время экранирование отсутствует; по умолчанию применяется значение, равное 0.6 |
| Q_i | кБк/сек | скорость выброса радионуклида i |
| SF | - | коэффициент экранирования для выпадений на поверхность |
| SF_β | - | коэффициент экранирования для β -излучения с учетом экранирования, которое обеспечивается одеждой и т.д. |
| t | сек час | время |
| $T_{1/2}$ | часы, дни, годы | период полураспада радионуклида |

| Символ | Единица | Определение |
|------------|-------------------|---|
| T_e | час | продолжительность облучения |
| T_m | часы, дни, годы | средняя продолжительность жизни радионуклида: $T_m = T_{1/2} \cdot 1.44$ |
| T_r | сек | продолжительность выброса |
| \bar{u} | м/сек | средняя скорость ветра |
| U_f | кг/день л/день | количество продукта f , потребляемое данным человеком в день |
| W | г кг | масса |
| X | м см | расстояние; нижний индекс указывает на удаленность; иногда для обозначения расстояния применяются также буквы r , d или y |
| Δt | сек час | прошедшее время |

КОНСУЛЬТАТИВНОЕ СОВЕЩАНИЕ

**Вена, Австрия
14–18 апреля, 1997**

Kerns, K. Iowa State University, United States of America
Martinčič, R. J. Stefan Institute, Slovenia
McKenna, T. International Atomic Energy Agency
Winkler, G. Atominstitut der Österreichischen Universitäten

КОНСУЛЬТАТИВНОЕ СОВЕЩАНИЕ

**Вена, Австрия
25 августа – 5 сентября, 1997**

Buglova, E. Research Clinical Institute of Radiation Medicine and Endocrinology,
Belarus
Kerns, K. Iowa State University, United States of America
Martinčič, R. J. Stefan Institute, Slovenia
Nogueira de Oliveira Instituto de Radioproteção e Dosimetria, Brazil
Roberts, G. Oxford, United Kingdom

КОНСУЛЬТАТИВНОЕ СОВЕЩАНИЕ

**Вена, Австрия
12 – 23 января, 1998**

Buglova, E. Research Clinical Institute of Radiation Medicine and Endocrinology,
Belarus
Lafortune, J. SAIC Canada, Canada
McKenna, T. Washington, United States of America
Martinčič, R. J. Stefan Institute, Slovenia

КОНСУЛЬТАТИВНОЕ СОВЕЩАНИЕ

**Вена, Австрия
17 – 21 августа, 1998**

Buglova, E. Research Clinical Institute of Radiation Medicine and Endocrinology,
Belarus
Martinčič, R. J. Stefan Institute, Slovenia

Ricks, B. Oak Ridge Institute of Science and Education, United States of America

Sinklair, M. Illinois Department of Nuclear Safety, United States of America

КОНСУЛЬТАТИВНОЕ СОВЕЩАНИЕ

Вена, Австрия

8 – 12 февраля, 1999

Buglova, E. Research Clinical Institute of Radiation Medicine and Endocrinology, Belarus

Croft, J. National Radiological Protection Board, United Kingdom

Martinčič, R. J. Stefan Institute, Slovenia

Rozental, J. de Julio Ministry of Environment, Israel

КОНСУЛЬТАТИВНОЕ СОВЕЩАНИЕ

Вена, Австрия

8 мая – 4 июня, 1999

Martinčič, R. J. Stefan Institute, Slovenia

