

INSAG-11

Безопасное обращение с источниками излучений: принципы и стратегия

INSAG-11

ДОКЛАД МЕЖДУНАРОДНОЙ КОНСУЛЬТАТИВНОЙ ГРУППЫ
ПО ЯДЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

INSAG



IAEA

Международное агентство по атомной энергии

НОРМЫ БЕЗОПАСНОСТИ МАГАТЭ И ДРУГИЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ДАННОЙ ТЕМЕ

НОРМЫ БЕЗОПАСНОСТИ МАГАТЭ

В соответствии со статьей III своего Устава МАГАТЭ уполномочено устанавливать или принимать нормы безопасности для защиты здоровья и сведения к минимуму опасностей для жизни и имущества и обеспечивать применение этих норм.

Публикации, посредством которых МАГАТЭ устанавливает нормы, выпускаются в Серии норм безопасности МАГАТЭ. В этой серии охватываются вопросы ядерной безопасности, радиационной безопасности, безопасности перевозки и безопасности отходов. **Категории публикаций в этой серии – это Основы безопасности, Требования безопасности и Руководства по безопасности.**

Информацию о программе по нормам безопасности МАГАТЭ можно получить на сайте МАГАТЭ в Интернете

<http://www-ns.iaea.org/standards/>

На этом сайте содержатся тексты опубликованных норм безопасности и проектов норм безопасности на английском языке. Тексты норм безопасности выпускаются на арабском, испанском, китайском, русском и французском языках, там также можно найти глоссарий МАГАТЭ по вопросам безопасности и доклад о ходе работы над еще не выпущенными нормами безопасности. Для получения дополнительной информации просьба обращаться в МАГАТЭ по адресу: Vienna International Centre, PO Box 100, 1400 Vienna, Austria.

Всем пользователям норм безопасности МАГАТЭ предлагается сообщать МАГАТЭ об опыте их использования (например, в качестве основы для национальных регулирующих положений, для составления обзоров безопасности и учебных курсов) в целях обеспечения того, чтобы они по-прежнему отвечали потребностям пользователей. Эта информация может быть направлена через сайт МАГАТЭ в Интернете или по почте (см. адрес выше), или по электронной почте по адресу Official.Mail@iaea.org.

ПУБЛИКАЦИИ ПО ДАННОЙ ТЕМЕ

МАГАТЭ обеспечивает применение норм и в соответствии со статьями III и VIII.C своего Устава предоставляет сведения и способствует обмену информацией, касающейся мирной деятельности в ядерной области, и служит в этом посредником между своими государствами-членами.

Доклады по вопросам безопасности в ядерной деятельности выпускаются в качестве **докладов по безопасности**, в которых приводятся практические примеры и подробные описания методов, которые могут использоваться в поддержку норм безопасности.

Другие публикации МАГАТЭ по вопросам безопасности выпускаются в качестве публикаций по **аварийной готовности и реагированию, докладов по радиологическим оценкам, докладов ИНСАГ – Международной группы по ядерной безопасности, технических докладов** и документов серии **TECDOC**. МАГАТЭ выпускает также доклады по радиологическим авариям, учебные пособия и практические руководства, а также другие специальные публикации по вопросам безопасности.

Публикации по вопросам физической безопасности выпускаются в **Серии изданий МАГАТЭ по физической ядерной безопасности.**

Серия изданий МАГАТЭ по ядерной энергии состоит из информационных публикаций, предназначенных способствовать и содействовать научно-исследовательской работе в области ядерной энергии, а также развитию ядерной энергии и ее практическому применению в мирных целях. В ней публикуются доклады и руководства о состоянии технологий и успехах в их совершенствовании, об опыте, образцовой практике и практических примерах в области ядерной энергетики, ядерного топливного цикла, обращения с радиоактивными отходами и снятия с эксплуатации.

БЕЗОПАСНОЕ ОБРАЩЕНИЕ
С ИСТОЧНИКАМИ ИЗЛУЧЕНИЙ:
ПРИНЦИПЫ И СТРАТЕГИЯ

INSAG-11

Доклад Международной консультативной группы
по ядерной безопасности

Членами Международного агентства по атомной энергии являются следующие государства:

АВСТРАЛИЯ	ИСПАНИЯ	ПАРАГВАЙ
АВСТРИЯ	ИТАЛИЯ	ПАПУА-НОВАЯ ГВИНЕЯ
АЗЕРБАЙДЖАН	ЙЕМЕН	ПЕРУ
АЛБАНИЯ	КАЗАХСТАН	ПОЛЬША
АЛЖИР	КАМБОДЖА	ПОРТУГАЛИЯ
АНГОЛА	КАМЕРУН	РЕСПУБЛИКА МОЛДОВА
АРГЕНТИНА	КАНАДА	РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ
АРМЕНИЯ	КАТАР	РУАНДА
АФГАНИСТАН	КЕНИЯ	РУМЫНИЯ
БАГАМСКИЕ ОСТРОВА	КИПР	САЛЬВАДОР
БАНГЛАДЕШ	КИТАЙ	САН-МАРИНО
БАХРЕЙН	КОЛУМБИЯ	САУДОВСКАЯ АРАВИЯ
БЕЛАРУСЬ	КОНГО	СВАЗИЛЕНД
БЕЛИЗ	КОРЕЯ, РЕСПУБЛИКА	СВЯТОЙ ПРЕСТОЛ
БЕЛЬГИЯ	КОСТА-РИКА	СЕЙШЕЛЬСКИЕ ОСТРОВА
БЕНИН	КОТ-Д'ИВУАР	СЕНЕГАЛ
БОЛГАРИЯ	КУБА	СЕРБИЯ
БОЛИВИЯ, МНОГОНАЦИОНАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВО	КУВЕЙТ	СИНГАПУР
БОСНИЯ И ГЕРЦЕГОВИНА	КЫРГЫЗСТАН	СИРИЙСКАЯ АРАБСКАЯ РЕСПУБЛИКА
БОТСВАНА	ЛАТВИЯ	СЛОВАКИЯ
БРАЗИЛИЯ	ЛАОССКАЯ НАРОДНО- ДЕМОКРАТИЧЕСКАЯ РЕСПУБЛИКА	СЛОВЕНИЯ
БРУНЕЙ-ДАРУССАЛАМ	ЛЕСОТО	СОЕДИНЕННОЕ КОРОЛЕВСТВО ВЕЛИКОБРИТАНИИ И СЕВЕРНОЙ ИРЛАНДИИ
БУРКИНА-ФАСО	ЛИБЕРИЯ	СОЕДИНЕННЫЕ ШТАТЫ АМЕРИКИ
БУРУНДИ	ЛИВАН	СУДАН
БЫВШАЯ ЮГОСЛ. РЕСП. МАКЕДОНИЯ	ЛИВИЯ	СЪЕРРА-ЛЕОНЕ
ВАНУАТУ	ЛИТВА	ТАДЖИКИСТАН
ВЕНГРИЯ	ЛИХТЕНШТЕЙН	ТАИЛАНД
ВЕНЕСУЭЛА, БОЛИВАРИАНСКАЯ РЕСПУБЛИКА	ЛЮКСЕМБУРГ	ТОГО
ВЬЕТНАМ	МАВРИКИЙ	ТРИНИДАД И ТОБАГО
ГАБОН	МАВРИТАНИЯ	ТУНИС
ГАИТИ	МАДАГАСКАР	ТУРЦИЯ
ГАЙАНА	МАЛАВИ	УГАНДА
ГАНА	МАЛАЙЗИЯ	УЗБЕКИСТАН
ГВАТЕМАЛА	МАЛИ	УКРАИНА
ГЕРМАНИЯ	МАЛЬТА	УРУГВАЙ
ГОНДУРАС	МАРОККО	ФИДЖИ
ГРЕЦИЯ	МАРШАЛЛОВЫ ОСТРОВА	ФИЛИППИНЫ
ГРУЗИЯ	МЕКСИКА	ФИНЛЯНДИЯ
ДАНИЯ	МОЗАМБИК	ФРАНЦИЯ
ДЕМОКРАТИЧЕСКАЯ РЕСПУБЛИКА КОНГО	МОНАКО	ХОРВАТИЯ
ДЖИБУТИ	МОНГОЛИЯ	ЦЕНТРАЛЬНОАФРИКАНСКАЯ РЕСПУБЛИКА
ДОМИНИКА	МЬЯНМА	ЧАД
ДОМИНИКАНСКАЯ РЕСПУБЛИКА	НАМИБИЯ	ЧЕРНОГОРИЯ
ЕГИПЕТ	НЕПАЛ	ЧЕШСКАЯ РЕСПУБЛИКА
ЗАМБИЯ	НИГЕР	ЧИЛИ
ЗИМБАБВЕ	НИГЕРИЯ	ШВЕЙЦАРИЯ
ИЗРАИЛЬ	НИДЕРЛАНДЫ	ШВЕЦИЯ
ИНДИЯ	НИКАРАГУА	ШРИ-ЛАНКА
ИНДОНЕЗИЯ	НОВАЯ ЗЕЛАНДИЯ	ЭКВАДОР
ИОРДАНИЯ	НОРВЕГИЯ	ЭРИТРЕЯ
ИРАК	ОБЪЕДИНЕННАЯ РЕСПУБЛИКА ТАНЗАНИЯ	ЭСТОНИЯ
ИРАН, ИСЛАМСКАЯ РЕСПУБЛИКА	ОБЪЕДИНЕННЫЕ АРАБСКИЕ ЭМИРАТЫ	ЭФИОПИЯ
ИРЛАНДИЯ	ОМАН	ЮЖНАЯ АФРИКА
ИСЛАНДИЯ	ПАКИСТАН	ЯМАЙКА
	ПАЛАУ	ЯПОНИЯ
	ПАНАМА	

Устав Агентства был утвержден 23 октября 1956 года на Конференции по выработке Устава МАГАТЭ, которая состоялась в Центральных учреждениях Организации Объединенных Наций в Нью-Йорке. Устав вступил в силу 29 июля 1957 года. Центральные учреждения Агентства находятся в Вене. Главной целью Агентства является достижение “более скорого и широкого использования атомной энергии для поддержания мира, здоровья и благосостояния во всем мире”.

INSAG-11

БЕЗОПАСНОЕ ОБРАЩЕНИЕ
С ИСТОЧНИКАМИ ИЗЛУЧЕНИЙ:
ПРИНЦИПЫ И СТРАТЕГИЯ

INSAG-11

Доклад Международной консультативной группы
по ядерной безопасности

МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ
ВЕНА, 2015

УВЕДОМЛЕНИЕ ОБ АВТОРСКОМ ПРАВЕ

Все научные и технические публикации МАГАТЭ защищены в соответствии с положениями Всемирной конвенции об авторском праве в том виде, как она была принята в 1952 году (Берн) и пересмотрена в 1972 году (Париж). Впоследствии авторские права были распространены Всемирной организацией интеллектуальной собственности (Женева) также на интеллектуальную собственность в электронной и виртуальной форме. Для полного или частичного использования текстов, содержащихся в печатных или электронных публикациях МАГАТЭ, должно быть получено разрешение, которое обычно является предметом соглашений о роялти. Предложения о некоммерческом воспроизведении и переводе приветствуются и рассматриваются в каждом отдельном случае. Вопросы следует направлять в Издательскую секцию МАГАТЭ по адресу:

Группа маркетинга и сбыта, Издательская секция
Международное агентство по атомной энергии
Vienna International Centre
PO Box 100
1400 Vienna, Austria
факс: +43 1 2600 29302
тел.: +43 1 2600 22417
эл. почта: sales.publications@iaea.org
веб-сайт: <http://www.iaea.org/books>

© МАГАТЭ, 2015

Напечатано МАГАТЭ в Австрии
Сентябрь 2015 года
STI/PUB/1080

БЕЗОПАСНОЕ ОБРАЩЕНИЕ
С ИСТОЧНИКАМИ ИЗЛУЧЕНИЙ:
ПРИНЦИПЫ И СТРАТЕГИЯ
МАГАТЭ, ВЕНА, 2014 ГОД
STI/PUB/1080
ISBN 978–92–0–408415–3
ISSN 1025–2193

ПРЕДИСЛОВИЕ

Деятельность Международного агентства по атомной энергии, касающаяся ядерной безопасности, основана на ряде предпосылок. Согласно первой и наиболее важной из них каждое государство-член несет полную ответственность за безопасность своих ядерных установок. Государства могут получать рекомендации, но не могут быть освобождены от этой ответственности. Во-вторых, многое можно извлечь из обмена опытом; извлеченные уроки могут предотвращать аварии. И наконец, образ ядерной безопасности имеет международный характер; серьезная авария, где бы она ни произошла, повсеместно оказывает воздействие на общественное мнение в отношении ядерной энергетики.

С целью усиления своего вклада в обеспечение безопасности атомных электростанций МАГАТЭ учредило Международную консультативную группу по ядерной безопасности (ИНСАГ), в обязанности которой входит служить форумом для обмена информацией по проблемам ядерной безопасности, имеющим международное значение, и формулировать, где это возможно, общие принципы безопасности.

В настоящем докладе ИНСАГ рассматриваются общие принципы, регулирующие обеспечение безопасности всех источников излучений, и применение этих принципов. Он основан на трех публикациях категории «Основы безопасности», выпущенных МАГАТЭ в серии «Безопасность» №№ 110, 111-F и 120. Его цель – показать, что на концептуальном уровне различие, традиционно проводимое между ядерной безопасностью и радиационной защитой, едва ли может быть обосновано.

Доклад предназначен прежде всего для неспециалистов, которым необходимо принимать решения по вопросам безопасного обращения с источниками излучений и которые желают лучше уяснить подходы, применяемые в области безопасного обращения с такими источниками.

Я с удовлетворением получил этот доклад и рад предложить его более широкой аудитории.

СОДЕРЖАНИЕ

1.	ВВЕДЕНИЕ	1
2.	РИСК И УПРАВЛЕНИЕ РИСКОМ	3
	2.1. Риск и восприятие риска	3
	2.2. Радиационные опасности	7
3.	КОНТРОЛЬ РАДИАЦИОННЫХ РИСКОВ	11
	3.1. Общие соображения в отношении безопасности и защиты	11
	3.2. Структура безопасности	14
	3.3. Конкретные стратегии	15
	3.4. Критерии для выбора стратегии	19
4.	ОБРАЩЕНИЕ С КОНКРЕТНЫМИ ИСТОЧНИКАМИ ИЗЛУЧЕНИЙ	21
	4.1. Источники излучений в промышленности	21
	4.2. Источники излучений в медицине	23
	4.3. Радиоактивные отходы	25
	4.4. Ядерные установки	27
5.	ВЫВОДЫ И ЗАКЛЮЧЕНИЯ	30
	СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ	33
	ЧЛЕНЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ КОНСУЛЬТАТИВНОЙ ГРУППЫ ПО ЯДЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ	34
	ПУБЛИКАЦИИ МЕЖДУНАРОДНОЙ КОНСУЛЬТАТИВНОЙ ГРУППЫ ПО ЯДЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ	35

1. ВВЕДЕНИЕ

1. На Земле радиация присутствовала всегда. Радиация существует преимущественно в виде естественного фона или «фонового» излучения, воздействию которого подвергаются все живые организмы. Радиация также появляется в результате большого количества и разнообразия искусственных источников¹, таких как промышленные и медицинские источники, индикаторы задымленности, световые табло с исследовательским оборудованием, добыча и переработка урана, атомные электростанции и радиоактивные отходы. Целью данного доклада является изложение общих принципов, которые сложились в области безопасного обращения с применяемыми в мирных целях технологиями, предполагающими использование источников излучений. Последовательное применение этих принципов необходимо для достижения и поддержания надлежащего уровня безопасности.

2. В силу исторических причин радиационная защита и ядерная безопасность развивались в значительной степени независимо друг от друга. Первая была связана главным образом с оценкой и контролем радиоактивного облучения, сначала в медицинских целях, а впоследствии при более широком применении и при авариях, а также в ходе ликвидации их последствий. Вторая касается безопасной эксплуатации атомных станций, включая предотвращение аварий и ослабление их последствий. Эти различия особенно очевидны в подходах к безопасности, представленных в разнообразных публикациях по безопасности, упоминаемых в пункте 3. Тем не менее, радиационную защиту и ядерную безопасность следует рассматривать как разные части одной совокупности мероприятий, нацеленных на ограничение рисков, связанных с применением технологий, предполагающих использование ионизирующих излучений.

3. В период с 1993 по 1996 годы МАГАТЭ выпустило в своей серии «Безопасность» три публикации по основам безопасности. В них излагаются основные принципы безопасности применительно соответственно к ядерным установкам [1], радиоактивным отходам [2] и источникам излучений [3].

¹ Здесь термин «источник излучения» используется для обозначения любого источника, который может стать причиной радиационного воздействия, например в результате испускания ионизирующего излучения или высвобождения радиоактивных веществ или материалов.

4. В ответ на просьбу Генерального директора МАГАТЭ ИНСАГ в 1997 году приступила к подготовке доклада об общих принципах, лежащих в основе трех публикаций по основам безопасности.

5. В настоящем докладе делается попытка упорядоченного изложения, в котором цели и принципы безопасности и радиационной защиты рассматриваются в контексте общей цели безопасности и контроля радиационного риска, независимо от его происхождения и характера. В докладе представлен логический единообразный подход к данному конкретному аспекту управления риском. В нем также приводятся примеры, демонстрирующие важность этих принципов и рассказывается о том, как их игнорирование может привести к серьезным последствиям.

6. Данный доклад предназначен в первую очередь для директивных органов и тех, кому необходимо с более высокого уровня рассматривать отдельные виды практического использования источников излучений. Он разработан не для специалистов и не содержит подробных данных о характере радиации или её последствиях. Он написан более неформально и предназначен для представления общих ориентиров. Публикации ИНСАГ не являются частью серии «норм» и, следовательно, выпускаются в виде, наиболее подходящем для рассматриваемой темы. Они не носят регулятивного характера и не должны следовать официальному стилю изложения серии норм безопасности.

7. В разделе 2, следующем за настоящим введением, рассматривается риск и управление риском, начиная с допущения о том, что любая технологическая деятельность связана с тем или иным риском. В нем обсуждается характер риска, его восприятие и управление им, а затем дается анализ конкретных характеристик радиационных опасностей. Раздел 3 посвящен различным аспектам, которые необходимо учитывать для обеспечения эффективного контроля радиационного риска. Затем в разделе 4 рассматривается безопасность некоторых типичных источников излучений, а именно промышленных источников, применения излучений в медицинских целях, пунктов захоронения радиоактивных отходов и ядерных установок. Обращение с этими разнообразными источниками основывается на принципах радиационной безопасности и защиты, но каждый вид источника требует особого подхода при применении конкретных стратегий. Несмотря на в целом высокие показатели в плане безопасности в прошлом, имели место несколько аварий с участием источников излучений, которые вкратце рассмотрены в разделе 4 с точки

зрения их коренных причин, т.е. отсутствия эффективного применения одного или нескольких принципов. В Разделе 5 изложены выводы.

2. РИСК И УПРАВЛЕНИЕ РИСКОМ

2.1. РИСК И ВОСПРИЯТИЕ РИСКА

8. Вся деятельность человека, и в особенности вся технологическая деятельность, так или иначе связана с рисками. Эти риски необходимо установить и надлежащим образом ими управлять, чтобы полезность технологической деятельности превосходила сопряженные с нею риски.

9. Для многих людей «риск» – это просто угроза, опасность или вероятность их возникновения. Однако в строго научном определении риска упоминается конкретное последствие, возникающее в результате опасности (например, смерть человека), и вероятность ее возникновения. Но как указано в ИНСАГ-9 [4], концепция риска предполагает ряд вероятностных событий, причем каждое событие может породить разнообразные последствия, которые также могут быть не единичны. Поэтому должен быть учтен полный диапазон потенциальных событий и их соответствующих вероятностей и последствий. Для выполнения такого анализа были разработаны специальные методы.

10. Хотя оценка риска часто может быть проведена с помощью таких научных методов, у общественности формируется свое собственное представление о приемлемости различных рисков, и этот вопрос «восприятия риска» необходимо учитывать при управлении ими. Было выявлено несколько факторов, которые предположительно влияют на общественное восприятие. Речь идет о следующем:

- Важна магнитуда возможных аварий. Возникновение редких аварий с множеством смертельных исходов рассматривается в целом как более серьезное явление, чем возникновение более обычных, с меньшим количеством смертельных исходов. Поэтому большинство людей больше беспокоит авария, в результате которой может погибнуть 10 000 человек один раз в 100 000 лет, чем аварии, в результате каждой из которых может погибнуть один человек раз в 10 лет, даже

если математически среднегодовой риск смертельных исходов в обоих случаях одинаков (т.е. 0,1 в год).

- Множество людей в действительности подвергаются рискам, уровень которых выше того, который они сочли бы неприемлемым, если бы знали о них. Судя по всему, люди в особенности не готовы к приятию таких рисков, с которыми они незнакомы в повседневной жизни, а также рисков, перед лицом которых они чувствуют себя беспомощными и которые навязаны им другими. Существует также неприятие рисков, связанных со страшными последствиями, такими как рак, даже если этот риск невелик.
- Принятие промышленной деятельности также будет зависеть от соотношения выгод и рисков. Например, те, кто проживает вблизи потенциально опасного промышленного предприятия, могут находиться под воздействием большего риска, но при этом получать большие выгоды и быть более терпимыми к этому риску. Аналогичным образом разные сообщества могут по-разному смотреть на выгоды и риски. Кроме того, некоторые процессы влекут за собой риски, которые существуют значительные периоды времени, что означает, что последующие поколения должны нести риски или управлять рисками, созданными предыдущим поколением. В качестве примеров такой взаимозависимости поколений, которую важно учитывать, можно привести обращение с радиоактивными отходами и последствия выбросов в результате сгорания ископаемого топлива.

11. То обстоятельство, что общественность в целом слабо знакома с ионизирующим излучением, что это излучение может причинять вред, но при этом его нельзя увидеть или почувствовать, что оно способно вызывать раковые заболевания и в умах общественности связано с атомными взрывами и неуправляемыми авариями, приводит к тому, что общественность с особой решительностью отвергает технологии, связанные с использованием излучений, что в отдельных случаях усугубляется плохой коммуникацией и некорректной предвзятой информацией.

12. С учетом факторов, приведенных в пункте 10, невозможно установить какие-либо простые количественные ориентиры для приемлемости риска, которые охватывали бы все обстоятельства. Каждый случай должен рассматриваться в отдельности. Тем не менее, при рассмотрении реальных уровней риска, которым подвергается общество, было предложено определить две «границы». В одном конце спектра – деятельность, в результате которой люди подвергаются риску, превышающему некоторое

значение, и которая явно неприемлема, кроме исключительных ситуаций. На другом конце спектра – определенная деятельность, связанная с уровнем риска, который в целом считается приемлемым.

13. Несколько лет назад в серьезном исследовании Лондонского Королевского общества [5] было отмечено, что существует точка зрения, согласно которой очень мало людей готовы жертвовать собственными ресурсами для дальнейшего снижения годового риска смерти приблизительно один на миллион. Отсюда можно сделать вывод, что такой уровень в целом приемлем. Поскольку на производствах, традиционно считающихся опасными, таких как карьерные работы, разработка месторождений или строительство, средние уровни несчастных случаев со смертельным исходом варьировались от 1 на 10 000 до 3 на 10 000, в том же исследовании был сделан вывод, что этот уровень, возможно, близок к пределу приемлемости и что годовой риск смертельных исходов на уровне 1 на 1000 в целом для большинства людей будет неприемлем, за исключением особых обстоятельств.

14. Хотя общественное восприятие является важным фактором в деле управления рисками, принципиально важно, чтобы общественность и те, кто управляет рисками, делали свои заключения, насколько это возможно, на основе имеющихся новейших научных данных. Это позволяет, не только грамотно принимать решения, но и создает основу для установления приоритетов при распределении ограниченных ресурсов в целях повышения безопасности и защиты окружающей среды. Выделение ресурсов для снижения рисков в одной области может сократить возможность снижения более высоких рисков в другой области. Важно также то, чтобы выгоды, а также риски осуществления какой-либо деятельности надлежащим образом доводились до сведения общественности.

15. Как указывалось во введении, все виды промышленной деятельности влекут за собой определенный риск. Хотя риски значительно варьируются в зависимости от технологии, при их оценке и контроле следует использовать три принципа.

16. Во-первых, всякий раз, когда оценка риска является частью процесса принятия решения в отношении промышленной деятельности, следует тщательно проанализировать соотношение между возможными преимуществами, которые появятся в результате деятельности, и рисками, вероятно ассоциирующимися с ней. Это применяется особенно в отношении новых промышленных видов деятельности. Такая деятельность

будет начата только в том случае, если будет решено, что преимущества перевешивают риски, возникающие вследствие ее осуществления или внедрения. В настоящее время является общепризнанным, что при принятии решений должны быть учтены риски, ассоциирующиеся с полным жизненным циклом, начиная от сооружения (включая приобретение сырья), эксплуатации до снятия с эксплуатации и этапа удаления отходов.

17. Данный принцип включает не только настоящее географическое и социальное распределение рисков и преимуществ, но также охватывает, где это возможно, более долгосрочные последствия и усилия в области устойчивого развития, для того чтобы:

- рассматриваемая промышленная деятельность не становилась ненужным бременем для будущих поколений;
- будущие поколения не должны подвергаться рискам, которые считаются неприемлемыми в настоящее время;
- решения, принимаемые в настоящее время, какими бы обоснованными и возможными для выполнения ни являлись, не должны препятствовать выбору будущими поколениями другого образа действий в случае появления новых и важных подтверждений в отношении рисков, связанных с данной деятельностью.

18. Во-вторых, как только будет решено, что преимущества вследствие осуществления новой промышленной деятельности перевешивают риск, последний постоянно должен поддерживаться на уровне настолько малом, насколько это разумно достижимо (ALARA), с учетом экономических и социальных факторов. Таковы первостепенные средства управления рисками на практике.

19. В-третьих, ни один человек не должен подвергаться индивидуальному риску неприемлемого уровня вследствие промышленной деятельности. Строгое соблюдение этого принципа требует определения заранее установленных ограничений и условий, без соблюдения которых эксплуатация недопустима.

20. В редких случаях возможны аварии, в результате которых превышаются пределы, установленные для нормальной эксплуатации. Необходимо принять меры безопасности для снижения вероятности аварий и обеспечения адекватной защиты работников и населения от такого рода явлений. Соображения безопасности требуют определения цели безопасности

и поддержания эффективной защиты от опасностей, снижения вероятности их возникновения и ограничения их последствий в случае их возникновения.

21. На принятие решения о продолжении или прекращении осуществления промышленной деятельности влияют многие факторы. В пункте 10 говорилось о важности восприятия риска. Государство, средства массовой информации, политики, группы, представляющие общественные интересы, и сторонники конкретной технологии часто привносят собственные факторы. Владельцы/эксплуатанты организации должны в итоге выбрать конкретный вариант и получить одобрение надзорного органа. Они основывают свой выбор главным образом на затратах и на информации о безопасности, надежности, производительности и легкости в техническом обслуживании имеющихся вариантов, в особенности в их поведении в нормальных эксплуатационных и прогнозируемых переходных условиях.

22. Поскольку опасности, обусловленные воздействием радиации, были давно признаны, вышеназванные принципы стали частью давно сложившейся и строго обеспечиваемой системы контроля за технологиями, предполагающих использование ионизирующих излучений. Если бы такая же степень строгости обеспечивалась в отношении каких-либо иных источников риска, то, вероятно, количество несчастных случаев со смертельным исходом и травм, а также масштабы ущерба для окружающей среды значительно снизились бы. В последующих разделах настоящего доклада говорится о том, как эти принципы применяются на практике для управления радиационными опасностями.

2.2. РАДИАЦИОННЫЕ ОПАСНОСТИ

23. За открытием ионизирующих излучений, а именно, рентгеновских лучей, более ста лет назад последовало их использование в медицинской практике в диагностических, а вскоре и в терапевтических целях. По этой причине очень скоро были признаны также некоторые вредные последствия искусственной радиации, так как возникла потребность контроля за облучением в процессе извлечения преимуществ от использования рентгеновских лучей. Кроме того, к 1911 году уже было установлено, что воздействие радиации вызывает раковые заболевания.

24. Источники излучений испускают энергию в виде ионизирующего излучения. Количество энергии, поглощаемое единицей массы облучаемого материала, называется поглощенной дозой. Живые организмы испытывают

на себе воздействие разного вида излучений в разной степени, в зависимости от организма и конкретных органов или тканей, подвергаемых облучению. Принимая это во внимание, может быть рассчитана эффективная доза с учетом типа излучения, его интенсивности, облучаемого органа и ткани и т.д., так чтобы в целях защиты все величины доз могли быть выражены посредством единого сопоставимого количества. Это количество, эффективная доза, согласно определению Международной системы единиц, выражается в единицах зиверт (Зв) или миллизиверт (мЗв).

25. Как правило, в результате воздействия естественного фона ионизирующего излучения в среднем человек получает дозу около 2.4 мЗв в год. Этот показатель обычно варьируется в зависимости от места. Например, в ряде мест она может быть на несколько миллизиверт в год выше, а в исключительных случаях может достигать десятков миллизиверт в год. Вредные последствия, такие как повышенный уровень возникновения раковых заболеваний в результате получения дозы выше среднего дозового уровня естественного фона излучения, если они имеют место, слишком малы, чтобы быть статистически различимы в эпидемиологических исследованиях по различиям в частотах раковых заболеваний по другим причинам, таким как режим питания и образ жизни. Воздействие искусственно созданных излучений в основном происходит при облучении в медицинских целях. В странах с передовой системой здравоохранения эта величина составляет около 1,1 мЗв в год. Для сравнения, доля всей повседневной деятельности АЭС в среднегодовой дозе облучения населения оценивается на уровне меньше одной тысячной от этого показателя. Обычно население, проживающее вблизи АЭС, получает годовую дозу облучения от этого источника менее чем примерно 0,02 мЗв. Для сравнения, максимальная годовая доза облучения от всех искусственных источников, рекомендуемая Международной комиссией по радиационной защите (МКРЗ) для всего населения, составляет 1,0 мЗв в год (при особых обстоятельствах берется средний показатель за пять последовательных лет). В ряде стран виды деятельности, предполагающие использование источников излучений, которые могут привести к дозовым нагрузкам порядка 0,01 мЗв в год, изъяты из-под регулятивного контроля.

26. Существуют два вида вредных эффектов воздействия радиации, детерминированные и стохастические. Детерминированные эффекты – это эффекты, имеющие место выше некоторого порога облучения порядка 1000 мЗв, когда тяжесть вызванных последствий пропорциональна дозе. Они являются следствием разрушения клеток в тканях, что, при достаточной

степени тяжести, может нанести ущерб функционированию органа или даже причинить смерть. Стохастические эффекты – это эффекты, возникновение которых не является несомненным, но их вероятность возрастает с дозой облучения. Наиболее важным стохастическим эффектом является изменение на клеточном уровне, что может привести к раковым заболеваниям, как правило спустя много лет после облучения.

27. Действие облучения было тщательно исследовано, и имеется большой объем информации по экспериментальным и эпидемиологическим исследованиям. Эта информация представлена в отчетах Научного комитета по действию атомной радиации ООН (НКДАР). Данные отчеты представляют фундаментальную и авторитетную научную базу для оценки соотношения между облучением и риском, что составляет важный элемент основы для рекомендаций Международной комиссии по радиационной защите (МКРЗ).

28. Эпидемиологические исследования населения, подвергнувшегося значительным дозам облучения вследствие атомной бомбардировки Хиросимы и Нагасаки в Японии в 1945 году, показали зависимость между дозами и последствиями при относительно высоких дозах облучения и мощностях дозы излучения, но что касается доз облучения в результате нормального использования источников излучений в диапазоне, подходящем для применения мер защиты населения и работников, то объем проведенных исследований в целом не позволяет со всей определенностью установить наличие зависимости эффекта от дозы. Поэтому для целей защиты такая зависимость для стохастических эффектов предполагается линейной и беспороговой. Вследствие этого принятого в целях предосторожности упрощенного допущения, а также только в целях защиты, предполагается, что каждое увеличение дозы влечет за собой соответствующее увеличение риска. Для целей защиты Международная комиссия по радиационной защите (МКРЗ) вывела коэффициенты риска для оценки риска для отдельного индивида, подвергнувшегося воздействию заданной дозы облучения. Также можно оценить коллективное воздействие доз облучения на население, подвергнувшегося воздействию разных уровней индивидуальных доз облучения в течение определенных временных периодов. Оно называется «коллективная доза облучения» и является произведением некоторого количества человек, подвергнувшихся облучению, и их усредненной по времени дозы облучения.

29. Концепция коллективной дозы может быть полезной при управлении рисками, но неопределенности, присущие таким расчетам, означают, что

ее следует использовать с особой осторожностью. В частности, для очень большого количества населения и очень низких доз облучения, полученных за длительные периоды времени, рассчитанные коллективные дозы могут привести к прогнозированию потенциального вреда, который вряд ли будет иметь место в реальности. Следует тщательно следить за тем, чтобы неопределенности, присущие таким расчетам, были четко выявлены. Кроме того, представление коллективной дозы, распределенной по очень большим диапазонам индивидуальных доз и времени, лучше разбивать на блоки, каждый из которых включает ограниченные диапазоны дозы и времени. Это позволит директивному органу лучше учитывать уровни индивидуальной дозы и распределение коллективной дозы во времени. Следует также отметить, что концепция коллективной дозы обычно не применяется при расчете потенциальных долгосрочных эффектов, возникающих вследствие иных производственных опасностей, потенциально способных стать причиной долговременных последствий для здоровья (например, химических выбросов).

30. Деятельность человека, предусматривающая использование ионизирующих излучений, может быть разделена на два вида. Первый вид – это использование источника излучения из-за конкретных свойств радиоактивного излучения или выбранного радионуклида, например, в медицинских и некоторых промышленных целях. Второй вид – когда радиация неизбежно образуется в заданном процессе и должна находиться под контролем, например, на атомных электростанциях. В большей или меньшей степени, но в результате большинства из этих видов деятельности образуются радиоактивные отходы, подобно тому, как и другие технологии порождают свои особые формы отходов.

31. Защита от радиоактивного излучения должна охватывать ряд типов облучения и обстоятельств облучения. Так, например, необходимо различать случаи облучения в условиях нормальной эксплуатации и в результате возможных аварий, то есть потенциального облучения. Также необходимо учитывать облучение работников отдельно от облучения населения, и рассматривать вопрос облучения в краткосрочном плане в его сопоставлении с облучением, которое может произойти в будущем.

32. Деятельность человека, при осуществлении которой общее облучение увеличивается, например, в результате внедрения новых источников облучения или создания новых путей облучения, либо увеличения числа людей, подвергающихся облучению, или изменения путей облучения от существующих источников к человеку, в результате которого

увеличивается облучение, по историческим причинам называется «*практической деятельностью*»². Другой вид деятельности человека, при осуществлении которой общее облучение снижается в результате устранения существующих источников, изменения путей облучения или уменьшения числа людей, подвергающихся облучению, называется «*вмешательством*»².

33. *Практическая деятельность* отличается от *вмешательства* тем, что первая ведет к получению преимущества, часто экономического, за счет увеличения облучения (использование медицинских или промышленных источников, выработка атомной энергии и т.д.), в то время как второе ведет к получению преимущества в результате снижения радиоактивного облучения за счет экономических затрат (очистка загрязненной площадки, например).

34. *Практика* также отличается от *вмешательства* тем, что в отношении *практики* общество может принять решение – осуществлять либо не осуществлять данную деятельность. А в отношении *вмешательства* общество сталкивается с существующей ситуацией, предполагающей радиоактивное облучение. Оно может только принять решение – осуществить вмешательство или нет, посредством принятия восстановительных мер либо непринятия таковых.

3. КОНТРОЛЬ РАДИАЦИОННЫХ РИСКОВ

3.1. ОБЩИЕ СООБРАЖЕНИЯ В ОТНОШЕНИИ БЕЗОПАСНОСТИ И ЗАЩИТЫ

35. Общей целью контроля радиационных рисков является защита людей, общества в целом и окружающей среды от вредных последствий ионизирующего излучения. Обобщающим принципом, лежащим в основе управления источниками излучений, является использование фундаментально консервативного подхода. Это не означает, что необходимо задействовать ресурсы для непрерывного снижения уровней рисков,

² При использовании в настоящем докладе данных терминов в этом значении данные слова пишутся курсивом.

которые уже считаются исключительно низкими, но это означает, что, если существуют сомнения, они истолковываются в пользу безопасности.

36. В случае применения этого обобщающего принципа контроль радиоактивного облучения осуществляется в нормальных условиях. Нарушения нормальных условий предотвращаются и ослабляются таким образом, что радиологические последствия аварийных ситуаций оставались в целом незначительными, с исключительно малой вероятностью тяжелых аварий с серьезными радиологическими последствиями. Общие принципы радиационной защиты и безопасности, рассматриваемые ниже, реализуются для контроля радиоактивного облучения в нормальных условиях и при отклонении от нормальных условий.

37. Защита при осуществлении *практической деятельности* основывается на трех общих принципах, эквивалентных рассмотренным в разделе 2.1:

- никакая *практика*, предполагающая облучение, не должна приниматься к осуществлению, если она не несет людям, подвергающимся облучению, или обществу выгоды, по меньшей мере достаточной для компенсации причиняемого радиационного ущерба;
- в отношении любого конкретного источника излучения в рамках *практики* должны быть предприняты все надлежащие шаги для организации защиты таким образом, чтобы достичь максимальной конечной пользы, учитывая экономические и социальные факторы;
- следует применять предел в отношении дозы облучения, получаемой человеком в результате всей *практической деятельности* (отличной от медицинского облучения), при осуществлении которой этот человек подвергается облучению.

38. Предельные дозы не применяются к медицинскому облучению, потому что такое облучение, при условии применения по правильным показаниям, предназначено для достижения очень важной конечной пользы для пациента и по этой причине было принято добровольно.

39. Осуществление *вмешательства* основывается на двух общих принципах:

- предлагаемое вмешательство должно приносить больше пользы, чем вреда, т.е. преимущества при снижении дозы должны быть достаточны

для оправдания вреда и затрат, включая социальные издержки, в результате вмешательства;

- следует выбрать форму, масштаб и продолжительность *вмешательства* таким образом, чтобы конечная польза от снижения дозы, за вычетом затрат на вмешательство, была максимальной.

40. В этом контексте следует отметить, что захоронение отходов не следует рассматривать как самостоятельную *практическую деятельность*. Для новых видов *практической деятельности* захоронение отходов должно быть частью обоснования *практической деятельности*, в результате которой эти отходы образуются. В отношении отходов, возникших в результате прошлой, а также некоторых видов существующей *практической деятельности*, для которых захоронение изначально не рассматривалось как часть *практической деятельности*, ситуация иная. Захоронение можно рассматривать как *вмешательство*, подлежащее согласованию в надзорных органах. Такого рода *вмешательство* обычно происходит, если усовершенствования, достигнутые с точки зрения радиационной защиты, являются более существенными, чем вред и понесенные затраты, включая социальные издержки.

41. Для достижения целей, изложенных в пункте 36, и выполнения общих принципов радиационной защиты применяются меры обеспечения безопасности *практической деятельности* при проектировании, сооружении и эксплуатации, а также при реализации *вмешательств*. Так, меры по обеспечению безопасности на этапе проектирования, эксплуатации и сооружения должны удовлетворять установленным нормам и обеспечивать достаточный запас надежности для нормальных условий и для необычных, но ожидаемых событий. Эти меры поддерживаются, анализируются и в случае необходимости совершенствуются в течение срока службы установки. Несмотря на то, что предпринимаются шаги по предотвращению аварий с высокой степенью уверенности, общепризнано, что аварии все же могут происходить – даже аварии с низкой степенью вероятности. Соответственно, предпринимаются меры для ослабления последствий аварий, в частности для минимизации радиологических последствий и для обеспечения того, чтобы вероятность аварий с тяжелыми радиологическими последствиями была исключительно мала. В довершение этого были разработаны конкретные критерии безопасности, которые будут представлены ниже.

42. Соблюдение принципов радиационной защиты и безопасности требует полной приверженности руководства и всего персонала, занимающегося

проектированием, эксплуатацией и сопровождением конкретного источника излучения.

3.2. СТРУКТУРА БЕЗОПАСНОСТИ

43. Главную ответственность за безопасность и защиту несет владелец/эксплуатирующая организация. Эксплуатирующая организация отвечает за обеспечение того, чтобы подрядчики или другие организации, выполняющие задачи от их имени, соответствовали приемлемо высокому качеству и нормам безопасности. Проектировщики, производители и строители несут ответственность за обеспечение качественного проекта и надежного оборудования.

44. Эксплуатирующая организация должна также внедрить систему управления безопасностью, соответствующую потенциальному риску, создаваемому источником. Как минимум, она должна определить организацию, основные обязанности и принципиальные требования для обеспечения безопасности. Для сложных источников излучения (например, атомных электростанций) внедряются особо сложные и всесторонние системы управления (см. раздел 4.4).

45. Правительства несут ответственность за создание правовой базы, которая обеспечивает четкое распределение ответственности за безопасность и защиту, а также за регулирование *практической деятельности и вмешательств*, что соответствует обязательствам, изложенным в международных соглашениях, таких как Конвенция о ядерной безопасности. Эта ответственность включает учреждение надзорных организаций, которые посредством применения законодательной и нормативной базы обеспечивают независимый и надлежащий надзор за деятельностью организаций, которые осуществляют или развивают деятельность, связанную с использованием излучений.

46. Так как вопросы безопасности и защиты могут иметь долговременные последствия, правительства также несут ответственность за обеспечение непрерывности ответственности и финансирования. Особенно это касается вывода из эксплуатации и обращения с радиоактивными отходами, но также актуально для контроля за любой *практической деятельностью*.

47. Регулирующая деятельность предполагает разработку правил и требований, выдачу лицензий на разрешение конкретных видов деятельности

после надлежащей оценки и обеспечение надзора за соблюдением безопасности. Надзорные органы правомочны требовать от эксплуатирующих организаций выполнения корректирующих мер и налагать необходимые санкции, включающие в исключительных случаях отзыв лицензии. Надзорные органы должны быть независимыми от организаций, которые осуществляют или развивают деятельность, связанную с использованием излучений, с тем чтобы они были защищены от любого незаконного давления, которое может противоречить требованию обеспечения безопасности и защиты.

3.3. КОНКРЕТНЫЕ СТРАТЕГИИ

48. Ввиду многообразия радиационных источников общие принципы безопасности и защиты от излучений должны быть воплощены в конкретные стратегии. А в каждом конкретном случае требуется особая «комбинация» стратегий, наиболее ему подходящая.

49. Создание устойчивой культуры безопасности и обеспечение систематической глубокоэшелонированной защиты являются двумя самыми важными используемыми стратегиями. Другие элементы включают использование проверенной инженерно-технической практики и обеспечение качества, привлечение компетентного и квалифицированного персонала, а также использование исследовательской деятельности и предшествующего опыта проектирования, сооружения, эксплуатации и технического обслуживания источников излучений. Для упрощения они были разделены и рассматриваются ниже как отдельные темы, при этом следует отметить, что они прочно взаимосвязаны. Так, привлечение компетентного персонала является важным элементом устойчивой культуры безопасности, а использование проверенной инженерно-технической практики является основой глубоко эшелонированной защиты.

3.3.1. Культура безопасности

50. Культура безопасности определяется в ИНСАГ-4 [6] как такая совокупность особенностей и установок в деятельности организаций и поведении отдельных лиц, которая определяет, что в качестве высшего приоритета вопросам безопасности и защиты уделяется внимание, соответствующее их значимости.

51. Культура безопасности включает два общих компонента. Первый – это система руководства или структура безопасности в организации,

о чем говорилось в пункте 43. Второй – это поведенческие установки персонала на всех уровнях в плане реагирования и использования такой структуры.

52. В любых важных видах деятельности действия людей обусловлены требованиями, устанавливаемыми на высшем уровне. Проводимая на этом уровне политика способствует созданию рабочей обстановки и обуславливает поведение людей. Поэтому формирование устойчивой культуры безопасности начинается с подхода и отношения высшего руководства во всех организациях. Руководители должны не только обеспечивать, чтобы их персонал понимал важность своих обязанностей и постоянно был мотивирован повышать качество своей работы, но и сами должны полностью осознавать собственную ответственность за безопасность.

53. Каждый член организации несет ответственность за безопасность, и важно, чтобы сотрудники и подрядчики на всех уровнях реагировали на структуру, установленную руководством, и использовали ее. Они должны стремиться к оптимальному результату в вопросах безопасности, демонстрируя критическое отношение и осмотрительность в своей работе. Сотрудники должны стремиться обсуждать вопросы безопасности с руководителями и другими коллегами, и такое стремление необходимо стимулировать.

3.3.2. Глубокоэшелонированная защита

54. Для компенсации возможных ошибок персонала и механических отказов используется концепция глубокоэшелонированной защиты, предполагающая, по мере необходимости и практической осуществимости, наличие нескольких последовательных уровней защиты для удержания радиоактивных материалов и предотвращения облучения.

55. В общем и целом стратегия глубокоэшелонированной защиты состоит из иерархически развернутых разных уровней оборудования и процедур, направленных на поддержание надлежащей эффективности нескольких последовательных барьеров, размещенных между радиоактивными материалами и работниками, населением и окружающей средой. Глубокоэшелонированная защита реализуется через проектирование и эксплуатацию, позволяющие компенсировать ошибки персонала и механические отказы. Она обеспечивает защиту в широком спектре ситуаций, от нормальных условий эксплуатации до аварий, в

масштабах, обусловленных значимостью таких ситуаций. Далее, она включает в себя меры по надлежащей защите работников, населения и окружающей среды в случаях, когда барьеры оказываются не полностью эффективны.

56. Первым приоритетом глубокоэшелонированной защиты является установление положений для предотвращения отклонений от условий безопасной эксплуатации. Следующим требованием является создание систем, которые возвращают источник в безопасное состояние в случае возникновения таких отклонений. Частью стратегии также являются меры по ослаблению последствий аварий. При необходимости разрабатываются и поддерживаются противоаварийные планы на период до ввода в эксплуатацию и на весь срок, в течение которого разрешается эксплуатировать источник излучения. Такие планы периодически тестируются.

57. Количество «уровней» в системе глубокоэшелонированной защиты и требуемая от них надежность зависят от вида источника, к которому применяется стратегия. Необходимо учитывать несколько факторов:

- количество и вид радиоактивного материала, присутствующего в источнике излучения;
- возможность рассеяния радиоактивного материала в силу его физических и химических свойств;
- возможность ядерных, химических или тепловых реакций, которые могут возникнуть при отклонении от нормальных условий;
- возможная потеря способности охлаждения топлива в ядерных установках.

3.3.3. Другие требования

58. Кроме того, в некоторых случаях, как часть хорошей культуры безопасности и надлежащей глубокоэшелонированной защиты, важно обратить внимание и на другие требования. Ниже приводится их перечень.

Проверенная инженерно-техническая практика

59. Проектирование и сооружение любой установки, предусматривающей использование излучений или какого-либо радиоактивного источника, основывается на инженерно-технической практике, которая в достаточной мере подтверждена тестированием и опытом и поддерживается по мере

необходимости, кодексами, стандартами или другой соответствующей документацией. Новые технологии задействуются в проекте, только в том случае, если они были проверены или аттестованы в результате достаточного тестирования. В проекте оборудования учитываются возможности и пределы работоспособности человека на уровне человеко-машинного интерфейса при установлении эксплуатационных требований.

Обеспечение качества

60. Практика обеспечения качества включает в себя плановые систематические действия для обеспечения достаточной уверенности в том, что требования указаны правильно и полностью выполняются. Эта практика применяется ко всем видам деятельности, процессам, услугам и оборудованию, участвующим в обеспечении безопасности и защиты.

61. В частности, перед внесением любого изменения, будь то физическая модификация или организационная перемена, требуется надлежащая оценка возможного воздействия этого изменения на безопасность. Для больших и сложных источников, таких как ядерные установки, должна действовать система, обеспечивающая проведение официального и независимого анализа последствий предлагаемых изменений, для безопасности до утверждения любой модификации. Оценка изменений и контроль над ними являются важной составляющей управления безопасностью.

62. Успешная реализация программ обеспечения качества требует приверженности со стороны всех тех, кто руководит и выполняет задачи, а также тех, кто отвечает за проверку и эффективность мониторинга. В частности, руководители несут ответственность за то, чтобы практика обеспечения качества была интегрирована в повседневную деятельность.

Компетентный и квалифицированный персонал

63. Персонал, участвующий в деятельности, связанной с источниками излучений, должен быть надлежащим образом обучен и аттестован для выполнения своих обязанностей. Организации, участвующие в осуществлении деятельности, важной для безопасности и защиты, должны обеспечить достаточную численность надлежащим образом обученного и уполномоченного персонала, который работает в соответствии с валидированными проверенными и утвержденными процедурами.

64. Один из наиболее важных уроков из области радиационной защиты и безопасности, заключается в том, что промахи и аварии являются результатом неправильных действий человека. Для снижения возможности человеческих ошибок были осуществлены усовершенствования по обе стороны человеко-машинного интерфейса. Со стороны «машины» – конструкция стала более терпима к ошибкам человека, сейчас оборудование автоматизировано в большей степени и легче в управлении, а компьютерные системы обеспечивают большую надежность. Со стороны «человека» – персонал периодически проходит переподготовку с целью совершенствования технических и других навыков, а рабочие инструкции и процедуры регулярно пересматриваются на предмет точности и четкости.

Исследования и учет опыта эксплуатации

65. Исследования позволяют лучше понять пределы обеспечения безопасности и защиты и улучшить контроль над радиационными рисками как при проектировании, так и в ходе эксплуатации. Исследования обеспечивают сохранение знаний и навыков в пределах организаций, которые осуществляют эксплуатацию, сопровождение или регулирование деятельности, связанной с источниками излучений.

66. Систематический обзор результатов исследования, опыта проектирования и эксплуатации, а также передача информации об извлеченных уроках по результатам таких обзоров отражают важные параметры «самообучающейся организации». Подобные организации придают большое значение оценке собственной эффективности посредством обмена, обзора и анализа опыта, обеспечивая таким образом извлечение уроков и принятие мер по улучшению.

3.4. КРИТЕРИИ ДЛЯ ВЫБОРА СТРАТЕГИИ

67. В данном докладе представлены принципы, применимые к контролю над любой деятельностью человека, связанной с радиационными рисками. Применение стратегий управления рисками, возникающими в результате осуществления конкретного вида деятельности, зависит от четырех широко сформулированных критериев. Эти критерии таковы:

- размер и активность источника излучения;
- сложность применения;

- возможность осуществления эффективного контроля;
- общий потенциал причинения вреда.

68. Описание размера и активности источника включает такие характеристики, как запас радиоактивного материала, тип радионуклидов и свойства их распада, химическое и физическое состояние материала и его удельная активность. Это важно, поскольку тем самым определяется предельное количество радиоактивного материала, которое может выйти за установленные барьеры, и необходимость глубоководной защиты. Для малых переносных источников, которые, тем не менее, могут быть высокоактивными, степень применения глубоководной защиты ограничена. В таких случаях первостепенное значение имеют культура безопасности и наличие компетентного и квалифицированного персонала.

69. Сложность зависит как от технических, так и от управленческих факторов. В зависимости от типа источника, технические факторы включают в себя возможность неуправляемых ядерных реакций, накопленную энергию, необходимость поддержания активного охлаждения и возможность возникновения химических реакций. Управленческие факторы включают в себя количество и разнообразие контролируемых систем, диапазон квалификации, необходимый для достижения этого, и количество персонала, необходимого для управления и эксплуатации. Чем сложнее система, тем более комплексной должна быть управленческая система для определения и контроля рисков. С другой стороны, невысокая сложность является положительным фактором с точки зрения безопасности. Она допускает некоторую свободу в выборе комбинаций для используемых стратегий. В случае же, когда сложность высока, необходимо применять все стратегии осторожно для обеспечения безопасности источника.

70. Способность осуществлять эффективный контроль определяется разнообразными факторами, такими как наличие адекватной инфраструктуры, эффективного надзора и непрерывного институционального контроля. Важно также сохранять данные о расположении источников, поскольку большое количество рассредоточенных источников, эксплуатируемых небольшими организациями со слабой инфраструктурой безопасности либо вообще без таковой может привести к практическим трудностям как в регулировании, так и в управлении безопасностью этих источников. Были случаи, когда промышленные или медицинские источники оказались утрачены или похищены от части по причине недостаточного институционального контроля.

71. Существует также озабоченность относительно способности сохранять институциональный контроль над долгоживущими радиоактивными отходами на протяжении длительных периодов времени, в течение которых отходы остаются опасными. Для минимизации требований в отношении такого контроля все более важную роль начинает играть система глубоководной защиты, основанная на использовании множественных барьеров, нацеленных на достижение пассивной долгосрочной безопасности.

72. Что касается возможности причинения вреда, то имеется в виду ряд лиц, которые могут подвергнуться воздействию в результате аварии, а также – в случае высвобождения радиоактивного материала – способность к высвобождению и пути высвобождения, величина результирующих индивидуальных доз, характер облучения (внутреннее или внешнее), распространение и форма потенциального загрязнения, а также конечные экономические и социальные последствия. Всё это имеет важное значение, так как в конечном итоге определяет риск, которому могут подвергаться работники и население.

4. ОБРАЩЕНИЕ С КОНКРЕТНЫМИ ИСТОЧНИКАМИ ИЗЛУЧЕНИЙ

73. В разделе 4 рассматриваются некоторые из основных источников излучений и применение особых стратегий к безопасному управлению этими источниками на основе изложенных выше критериев. Источники подразделяются на промышленные, медицинские, радиоактивные отходы и ядерные установки. Данный порядок в общих чертах отражает возрастающее разнообразие и количество факторов, которые должны учитываться при обеспечении безопасности.

4.1. ИСТОЧНИКИ ИЗЛУЧЕНИЙ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

74. Существует большое количество малых источников, таких как индикаторы задымленности или указатели выхода. Здесь они далее не обсуждаются, поскольку весьма малое содержание в них радиоактивного материала означает, что они представляют незначительный риск. По этой причине они, как правило, выведены из-под надзорного регулирования.

75. Другие промышленные источники излучений варьируются от инструментов для измерения плотности, толщины или уровня, датчиков химических и взрывчатых веществ или утечки газа, источников, используемых при каротаже скважин и в мобильных радиографических установках (например, для контроля качества сварных швов), до стационарного оборудования, такого как рентгенологические установки и установки для облучения продуктов питания или оборудования. В эту категорию входит также и другое оборудование, такое как ускорители, научно-исследовательское и аналитическое оборудование.

76. Переносные промышленные источники обычно малы, а их активность, хотя и варьируется в определенных пределах, низка по сравнению с некоторыми другими источниками, рассматриваемыми в данном докладе. Их сложность невысока, однако эффективный контроль над ними затруднен по причине их свойств. Такие источники сложно отслеживать, если только они не были надлежащим образом зарегистрированы. Поэтому особо важно обеспечить безопасное обращение с ними и, в конечном итоге, их утилизацию. Возможность причинения ими ущерба весьма реальна, но ограничена, так как в результате инцидентов воздействию обычно подвергаются только один–два человека, хотя последствия для этих людей могут быть тяжелыми.

77. Проектирование и изготовление таких источников вышло на достаточно высокий уровень, а обеспечение качества и проверенная инженерно-техническая практика носят адекватный характер почти во всех случаях. Анализ опыта, полученного при использовании этого оборудования, и относительной важности указанных выше критериев четко показывает, что в качестве стратегии, более всего необходимой для безопасного обращения с такими источниками, следует опираться на хорошо развитую культуру безопасности. В этом случае культура безопасности проявляется в наличии компетентного, квалифицированного и мотивированного персонала и системы управления, обеспечивающей отслеживание источников. Глубокоэшелонированная защита в качестве стратегии, здесь трудно применима так как характеристики оборудования оставляют мало места для установления последовательных барьеров, при этом важно, чтобы те из них, которые уже имеются, использовались эффективно и грамотно.

78. К более мощным промышленным источникам относятся установки для облучения продуктов или оборудования, рентгенографические установки, а также ускорители, научно-исследовательское или аналитическое оборудование. По сравнению с малыми переносными источниками они могут

характеризоваться значительно большей активностью, а также сложностью. В целом это означает наличие хороших возможностей для эффективного контроля. Их общий потенциал для нанесения ущерба может быть в целом ограничен несколькими людьми при любой аварии, однако несчастные случаи при их эксплуатации часто приводят к смертельному исходу.

79. Глубокоэшелонированная защита играет здесь более важную роль, поскольку реализуется посредством надежных блокировочных механизмов и систем сигнализации. Но ни одна из этих стратегий всё же не может заменить хорошо развитую культуру безопасности на уровне руководителей и сотрудников организации.

4.2. ИСТОЧНИКИ ИЗЛУЧЕНИЙ В МЕДИЦИНЕ

80. Использование радиоактивных источников в медицине затрагивает и может оказать воздействие на три категории людей: пациенты, сотрудники и население. Стратегии, применяемые для защиты сотрудников и населения, в основном те же, что применяются при обращении с промышленными источниками, и предполагают неукоснительное применение принципов радиационной защиты и безопасности. Пациенты делятся на две категории: те, кто подвергается воздействию радиации в диагностических целях (рентгенология, радиоизотопные методы и пр.), и те, кто подвергается воздействию в терапевтических целях (лечение опухолей и других заболеваний).

81. Источники излучений, используемые в диагностических целях, включают ряд радиоактивных изотопов, а также разного рода рентгенологическое оборудование для различных частей тела (зубы, грудная клетка и т.п.). Размер таких диагностических источников мал, а их активность, как правило, низка. Применение редко отличается сложностью, и имеются хорошие возможности для осуществления эффективного контроля как в случае радиоизотопных, так и рентгенологических медицинских установок. Как следствие этого, потенциал для нанесения ущерба в настоящее время относительно невысок.

82. Несмотря на положительные аспекты, отмеченные в критериях оценки, имели место аварии по причине недостаточной культуры безопасности и плохой подготовленности или низкой квалификации персонала. Как и в случае с большими промышленными источниками,

основными причинами несчастных случаев являлись человеческие ошибки, а не проблемы, связанные с материалами или оборудованием.

83. Терапевтическое медицинское применение радиации нацелено на разрушение одних клеток при минимально возможном воздействии на другие. Здесь намеренно используются детерминированные эффекты, появления которых радиационная защита обычно не должна допускать. При этом здоровые ткани, окружающие цель, могут быть в процессе подвергнуты дозам облучения, которые в иных случаях были бы неприемлемы, поскольку они не согласуются с основными целями радиологической защиты. Однако это облучение является оправданным, поскольку польза для пациента превышает локально нанесенный вред.

84. Размер таких источников мал, но интенсивность облучения высока. Источники не являются сложными и допускают осуществление эффективного контроля. Тем не менее, потенциал нанесения ущерба значителен. Хотя обычно воздействие источников ограничено одним-двумя лицами, при особо неблагоприятном развитии событий случались аварии, в результате которых от вредного воздействия страдали несколько десятков пациентов. Например, в одном из случаев (в Гоянии, Бразилия) институт радиотерапии переехал в новое здание, не уведомив надзорный орган о том, что установка дистанционной лучевой терапии была оставлена на прежнем месте. Впоследствии источник был похищен и разобран. Это привело к широкомасштабному загрязнению окружающей среды, смерти четырех человек и радиоактивному облучению 245 человек. В другом случае (в Коста-Рике), в клинике был установлен новый источник кобальта для лучевой терапии, и в процессе калибровки была допущена ошибка. В результате восемь пациентов умерли от переоблучения, здоровью 20 был причинен значительный вред и 26 пациентов оказались в группе риска возникновения эффектов вредного воздействия облучения в будущем.

85. Строгая система обеспечения качества, поддерживаемая устойчивой культурой безопасности, представляет собой наиболее важную стратегию успешного применения радиации в терапевтических целях. Ее должны применять все сотрудники – от высшего руководства до ассистентов и студентов-медиков. Данное требование распространяется также на немедицинский персонал, технический персонал и инженеров, которые могут находиться в контакте с оборудованием. Механизм глубокоэшелонированной защиты обычно встраивается в оборудование, однако причиной несчастного случая может стать простая человеческая ошибка в расчете или измерении дозы облучения. Ибо воздействие,

превышающее корректную дозу на 10%, может иметь неприемлемые последствия.

86. Тот факт, что во всем мире большое количество терапевтических источников находится в безопасном повседневном использовании, подтверждает признание важности устойчивой культуры безопасности, обеспечения качества и проверенной инженерно-технической практики. Выдающийся прогресс, достигнутый в данной области с момента получения первой рентгенограммы человеческой руки и первого случая переоблучения более ста лет назад, стал возможным только в результате систематического и настойчивого усовершенствования всех аспектов безопасности.

4.3. РАДИОАКТИВНЫЕ ОТХОДЫ

87. Данный раздел рассматривает исключительно отходы, предназначенные для захоронения. (Отходы, находящиеся на хранении, отличаются от отходов, предназначенных для захоронения, только тем, что для них не нужно учитывать временную составляющую, связанную с захоронением, и специфические проблемы захоронения).

88. В результате промышленной деятельности образуются отходы с различной степенью токсичности. Токсичные отходы должны быть захоронены таким образом, чтобы опасные вещества не могли снова попасть в биосферу в таких количествах, которые производят вредное воздействие на людей и/или окружающую среду. Меры обеспечения долговременной изоляции зависят от токсичности подлежащих захоронению материалов. Это касается применения ядерных технологий в медицине, промышленности, исследованиях и разработках, а также при выработке электроэнергии, так как во всех этих случаях происходит образование отходов. Разнообразие видов применения ведет к многообразию таких отходов в газообразной, жидкой и твердой форме. Они представляют ряд потенциальных опасностей в зависимости от концентрации и периодов полураспада радионуклидов, а также от физических и химических свойств отходов. Для новых видов практической деятельности, о которых говорилось в пункте 16, требование в отношении захоронения отходов и средства утилизации необходимо учитывать при обосновании вида деятельности, в результате которого эти отходы будут образовываться. Образование отходов следует сокращать до разумного достижимого минимума.

89. Активность таких отходов в период образования может варьироваться от весьма низких уровней, как, например, в случае отходов, образующихся в результате использования радиоизотопов в медицинских диагностических процедурах, до очень высоких уровней, как в случае отходов, возникающих в результате переработки отработанного топлива или источников излучений, используемых в рентгенографии, радиотерапии и стерилизации. Отходы могут быть весьма малыми по объему, как, например, отработанные источники излучений, и весьма большими и рассеянными, как, например, хвосты, образующиеся при добыче и переработке урановой руды.

90. При таком многообразии видов отходов каждый вид должен учитываться индивидуально при определении стратегий защиты. Так, отходы обычно подразделяются на короткоживущие отходы, долгоживущие отходы низкой активности и долгоживущие отходы высокой активности. Некоторые низкоактивные жидкие отходы могут быть утилизированы в окружающей среде, но короткоживущие и долгоживущие отходы с очень низкой активностью могут храниться в приповерхностных пунктах захоронения с проектным сроком службы в несколько сотен лет. Для сравнения, долгоживущие отходы со средней и высокой активностью необходимо изолировать от окружающей среды на срок несколько тысяч лет. Тот факт, что периоды полураспада радионуклидов, составляющих такие отходы, различаются на несколько порядков по величине, является важным фактором при проектировании пунктов захоронений долгоживущих высокоактивных отходов. Для коротких периодов хранения возможность осуществления контроля не вызывает сомнений, однако в долговременном плане оценить ее трудно.

91. При захоронении отходов цель заключается в обеспечении такого конечного пассивного решения, которое по возможности не требует длительного вмешательства со стороны человека или постоянного ведомственного контроля. Таким образом, путем захоронения пытаются изолировать отходы от окружающей среды на достаточно продолжительный период времени, так чтобы риски для людей вследствие такого захоронения, включая любые риски в результате случайного проникновения человека, были бы весьма малыми.

92. При захоронении в глубинных геологических формациях основная проблема связана с тем, что грунтовые воды могут стать загрязненными и мигрировать на поверхность, где они будут представлять риск для человеческого здоровья и окружающей среды. В нескольких странах проведена количественная оценка риска, потенциально связанного с

подобным объектом. Она показала, что в случае хорошо спроектированного пункта захоронения с глубокоэшелонированной защитой риск невелик. Тем не менее, на данный момент пунктов захоронения высокоактивных отходов в глубинных геологических формациях не существует.

93. Наиболее важной стратегией при захоронении твердых отходов является глубокоэшелонированная защита на основе создания множественных барьеров. Это предполагает, что стратегия глубокоэшелонированной защиты должна сопровождаться грамотной инженерно-технической практикой и обеспечением качества. Свой вклад в развитие успешной политики захоронения вносит эффективная культура безопасности, применяемая компетентным и квалифицированным персоналом. Для сравнения, уроки на основе опыта эксплуатации могут играть лишь незначительную роль, так как опыт эксплуатации площадок для захоронения насчитывает только несколько десятилетий.

94. Имеются примеры ненадлежащего захоронения радиоактивных отходов, приведшего к загрязнению окружающей среды и облучению работников или населения. В большинстве случаев эти ситуации возникали на ранних этапах добычи и переработки радиоактивных руд (например, Порт-Радиум, Канада, и Висмут, Германия), а некоторые из них имели место несколько сотен лет назад (например, Йоахимсталь, в настоящее время Чехия). Время от времени появляется информация о загрязнении грунтовых вод в результате ненадлежащего захоронения радиоактивных отходов; известны случаи, когда лаборатории, работающие с радиоактивными веществами, ненадлежащим образом осуществляли сбросы отходов вместо их захоронения в специальных пунктах.

4.4. ЯДЕРНЫЕ УСТАНОВКИ

95. Кроме атомных электростанций в данном разделе рассматриваются исследовательские реакторы, установки по обогащению, изготовлению и переработке топлива и специальные установки для обработки и хранения радиоактивных отходов. Излагаемые ниже соображения относятся в первую очередь к атомным электростанциям и заводам по переработке ядерного топлива, однако тот же общий подход применим и к другим установкам.

96. Для указанных ядерных установок характерны большое количество радиоактивных материалов и значительные уровни активности. Это

сложные системы, в которых возможны химические и неуправляемые ядерные реакции. Ввиду энергии, накопленной в радиоактивном материале, существует потребность в его непрерывном охлаждении, даже после останова атомных электростанций. Общий потенциал нанесения ущерба весьма, как показала чернобыльская авария в бывшем СССР в 1986 г., но и возможности для осуществления эффективного контроля также значительны.

97. С учетом характера ядерных установок при их функционировании необходимо полное применение всех имеющихся стратегий. Кстати сказать, концепция культуры безопасности и применение глубокоэшелонированной защиты были первоначально разработаны в контексте обеспечения безопасности атомных электростанций. Применение различных стратегий подробно рассматривалось в предыдущих документах ИНСАГ [6-8]. В качестве одного из примеров строгого подхода к обеспечению безопасности на атомных электростанциях можно отметить методику вероятностной оценки безопасности (ВАБ), которая была разработана для выявления, количественного определения и управления применительно к рискам на таких установках. Ее основными плюсами являются возможность выявления уязвимых мест в плане аварий, которые могут остаться незамеченными в достаточно сложных системах, а также возможность определения элементов, которые особо важны для безопасности, и концентрации внимания на них.

98. Как уже было отмечено (пункт 44), к любому источнику излучения следует применять «систему управления», соответствующую потенциальному риску, создаваемому этим источником. Отсюда следует, что наиболее полная система управления будет применяться при проектировании, сооружении и монтаже, эксплуатации, техническом обслуживании и выводе из эксплуатации атомных электростанций. Система управления определяет организацию, основные обязанности и главные требования в отношении обеспечения безопасности и надежности. Она включает планирование, контроль и поддержку, обеспечивающие уверенность в том, что требуемые мероприятия реализованы должным образом. Она также гарантирует, что участвующие в процессе лица выполняют свои задачи успешно и безопасно, и предусматривает функции аудита, анализа и обратной связи в целях повышения эффективности производственного процесса и учета накопленного опыта. За систему управления отвечают владельцы, эксплуатирующие организации, проектировщики и подрядчики; она оформляется документально, при этом особое внимание обращается на потенциальные радиационные риски, управление ими и их минимизацию.

Описание наиболее важных аспектов такой системы направляется в регулирующий орган на утверждение.

99. Аварии на АЭС Три-Майл Айленд, США, в 1979 г. и на Чернобыльской АЭС в 1986 г. произошли в результате непонимания и невыполнения важных аспектов изложенных выше стратегий.

100. Авария на АЭС Три-Майл Айленд была обусловлена многими факторами. К их числу относятся низкая культура безопасности, выразившаяся в отсутствии критического подхода у персонала, подготовка и профессионализм которого оказались не на должном уровне. В докладе ИНСАГ-10 [8] обобщены следующие уроки на будущее:

«Авария продемонстрировала важность человеческого фактора, взаимодействия человек-машина и обеспечивающей долговременную эффективную защиту гермооболочки. Кроме того, она показала важность эффективного анализа и обратной связи по эксплуатационному опыту для определения и устранения возможных слабых мест в глубокоэшелонированной защите, включая слабые места проекта, инструкций по эксплуатации и подготовки персонала».

Авария на АЭС Три-Майл Айленд продемонстрировала важность извлечения уроков из вероятностных оценок безопасности и эффективности глубокоэшелонированной защиты, особенно гермооболочки, в ограничении выхода радиоактивных материалов в окружающую среду.

101. Основными причинами Чернобыльской аварии были проект реактора, который не допускал ошибок оператора, и общее отсутствие культуры безопасности, усугубленное недостаточным надзором. Наступлению аварии способствовал ряд конкретных слабых мест, а именно:

- недостатки технологической части проекта с неадекватной глубокоэшелонированной защитой;
- неадекватные практика обеспечения качества и процедуры эксплуатации, недостаточно обоснованные с точки зрения анализа безопасности;
- низкая компетентность персонала, в том числе непонимание предусмотренных мер безопасности и несоблюдение требований процедур эксплуатации и испытаний;

- недостаточный учет опыта эксплуатации других станций и слабый обмен информацией по безопасности между операторами и между операторами и проектировщиками.

В данном случае в докладе ИНСАГ-10 были отмечены следующие основные уроки:

«Чернобыльская авария продемонстрировала возможные последствия неадекватности глубокоэшелонированной защиты и важность организационных вопросов, таких как необходимость в эффективном регулирующем режиме и культуре безопасности. Она также заставила обратить внимание на проблему среднесрочного и долгосрочного загрязнения в результате радиоактивных выбросов и на роль противоаварийного планирования вне площадки.»

102. После каждой из этих аварий был проделан серьезный анализ для понимания их коренных причин и поиска путей предотвращения подобных аварий в будущем. Это обусловило усиление основополагающих требований в отношении устойчивой культуры безопасности. За исключением небольшого числа аварий, из которых Три-Майл-Айленд и Чернобыльская являются наиболее значительными, удовлетворительная эксплуатация атомных электростанций составила более 8700 реакторо-лет. Это стало результатом последовательного и неукоснительного применения изложенных выше принципов и стратегий.

5. ВЫВОДЫ И ЗАКЛЮЧЕНИЯ

103. Число источников излучений, используемых в настоящее время, очень велико, а способы их использования варьируются от простых до в высшей степени сложных. В данном докладе ИНСАГ представлена общая структура безопасности, в рамках которой обеспечивается контроль всех радиационных рисков, исходящих от этих источников.

В докладе сведены воедино общие принципы высшего уровня, и таким образом создана зонтичная конструкция для Основ безопасности, сформулированных в публикациях «Безопасность ядерных установок» («The Safety of Nuclear Installations») [1], «Принципы обращения с радиоактивными отходами» («The Principles of Radioactive Waste Management») [2] и «Радиационная защита и безопасность источников

излучений» ('Radiation Protection and Safety of Radiation Sources') [3]. Систематическое применение принципов и соответствующих стратегий, обсуждаемых в данном докладе, обеспечит безопасное обращение с технологиями, предполагающими использование радиации, позволив обществу пользоваться ими.

104. В области радиационных рисков важным является то, чтобы уроки, извлеченные в результате управления безопасностью одного типа источника излучения, были распространены на другие типы источников, с тем чтобы положительная практика использовалась самым широким образом. В более широком смысле опыт управления всеми технологическими рисками следует широко распространять, с тем чтобы все могли получать пользу от применения положительной практики, которая используется в различных областях индустрии – гражданской авиации, ядерных технологиях, торговом флоте, химической переработке и горной промышленности. Благодаря этому безопасность отдельных отраслей промышленности и общества в целом может быть повышена в интересах общего блага.

СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

- [1] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Безопасность ядерных установок, Серия изданий по безопасности, № 110, МАГАТЭ, Вена (1993).
- [2] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Принципы обращения с радиоактивными отходами, Серия изданий по безопасности, № 111-F, МАГАТЭ, Вена (1996).
- [3] FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, INTERNATIONAL LABOUR ORGANISATION, OECD NUCLEAR ENERGY AGENCY, PAN AMERICAN HEALTH ORGANIZATION, WORLD HEALTH ORGANIZATION, Radiation Protection and the Safety of Radiation Sources, Safety Series No. 120, IAEA, Vienna (1996).
- [4] МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНСУЛЬТАТИВНАЯ ГРУППА ПО ЯДЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ, Потенциальное облучение и ядерная безопасность, Серия ИНСАГ, № 9, МАГАТЭ, Вена (1996).
- [5] Risk Assessment, report of a Royal Society Study Group, Royal Society, London (1983).
- [6] МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНСУЛЬТАТИВНАЯ ГРУППА ПО ЯДЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ, Культура безопасности, Серия изданий по безопасности, № 75-INSAG-4, МАГАТЭ, Вена (1991).
- [7] МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНСУЛЬТАТИВНАЯ ГРУППА ПО ЯДЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ, Основные принципы безопасности атомных электростанций, Серия изданий по безопасности, № 75-INSAG-3, МАГАТЭ, Вена (1989).
- [8] МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНСУЛЬТАТИВНАЯ ГРУППА ПО ЯДЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ, Глубокоэшелонированная защита в ядерной безопасности, Серия ИНСАГ, № 10, МАГАТЭ, Вена (1998).

ЧЛЕНЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ КОНСУЛЬТАТИВНОЙ ГРУППЫ ПО ЯДЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Абагян, А.А.	Ma, Y.
Allan, C.J.	Matsuura, S.
Baer, A.	Quéniart, D.
Birkhofer, A. (<i>председатель</i>)	Sajaroff, P.
Chang, S.H.	Taylor, R.H.
González-Gomez, E.	Vita, J.
Kakodkar, A.	Winkler, B.C.
Levy, S.	

РАБОЧАЯ ГРУППА ИНСАГ

Allan, C.J.	Quéniart, D.
Baer, A. (<i>председатель</i>)	Sajaroff, P.
González-Gomez, E.	Taylor, R.H.
Levy, S.	Winkler, B.C.

ПРИГЛАШЕННЫЕ ЭКСПЕРТЫ

Frescura, G.
Madden, V.

Г-н В. Чжун (W. Zhong) из Секретариата МАГАТЭ является ответственным сотрудником по связанным с ИНСАГ вопросам в Департаменте ядерной безопасности.

ПУБЛИКАЦИИ МЕЖДУНАРОДНОЙ КОНСУЛЬТАТИВНОЙ ГРУППЫ ПО ЯДЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

75-INSAG-1	Итоговый доклад о совещании по рассмотрению причин и последствий аварии в Чернобыле	1988
75-INSAG-2	Характеристики и сточника выброса радионуклидов при крупных авариях на атомных электростанциях с легководными реакторами	1988
75-INSAG-3	Основные принципы безопасности атомных электростанций	1989
75-INSAG-4	Культура безопасности	1991
75-INSAG-5	Безопасность ядерной энергетики	1994
75-INSAG-6	Вероятностный анализ безопасности	1994
75-INSAG-7	Чернобыльская авария: дополнение к INSAG-1	1993
INSAG-8	Общая основа для оценки безопасности атомных электростанций, сооруженных в соответствии с ранее принятыми нормами	1996
INSAG-9	Потенциальное облучение и ядерная безопасность	1996
INSAG-10	Глубокоэшелонированная защита в ядерной безопасности	1998



IAEA

Международное агентство по атомной энергии

№ 23

ЗАКАЗ В СТРАНАХ

В указанных странах платные публикации МАГАТЭ могут быть приобретены у перечисленных ниже поставщиков или в крупных книжных магазинах.

Заказы бесплатных публикаций следует направлять непосредственно в МАГАТЭ. Контактная информация приводится в конце настоящего перечня.

АВСТРАЛИЯ

DA Information Services

648 Whitehorse Road, Mitcham, VIC 3132, AUSTRALIA

Телефон: +61 3 9210 7777 • Факс: +61 3 9210 7788

Эл. почта: books@dadirect.com.au • Веб-сайт: <http://www.dadirect.com.au>

БЕЛЬГИЯ

Jean de Lannoy

Avenue du Roi 202, 1190 Brussels, BELGIUM

Телефон: +32 2 5384 308 • Факс: +32 2 5380 841

Эл. почта: jean.de.lannoy@euronet.be • Веб-сайт: <http://www.jean-de-lannoy.be>

КАНАДА

Renouf Publishing Co. Ltd.

5369 Canotek Road, Ottawa, ON K1J 9J3, CANADA

Телефон: +1 613 745 2665 • Факс: +1 643 745 7660

Эл. почта: order@renoufbooks.com • Веб-сайт: <http://www.renoufbooks.com>

Bernan Associates

4501 Forbes Blvd, Suite 200, Lanham, MD 20706-4391, USA

Телефон +1 800 8653457 • Факс: 1 800 865 3450

Эл. почта: orders@bernan.com • Веб-сайт: <http://www.bernan.com>

ЧЕШСКАЯ РЕСПУБЛИКА

Suweco CZ, spol. S.r.o.

Klecakova 347, 180 21 Prague 9, CZECH REPUBLIC

Телефон +420 242 459 202 • Факс: +420 242 459 203

Эл. почта: nakup@suweco.cz • Веб-сайт: <http://www.suweco.cz>

ФИНЛЯНДИЯ

Akateeminen Kirjakauppa

PO Box 128 (Keskuskatu 1), 00101 Helsinki, FINLAND

Телефон: +358 9 121 41 • Факс: +358 9 121 4450

Эл. почта: akatilaus@akateeminen.com • Веб-сайт: <http://www.akateeminen.com>

ФРАНЦИЯ

Form-Edit

5 rue Janssen, PO Box 25, 75921 Paris CEDEX, FRANCE

Телефон: +33 1 42 01 49 49 • Факс: +33 1 42 01 90 90

Эл. почта: fabien.boucard@formedit.fr • Веб-сайт: <http://www.formedit.fr>

Lavoisier SAS

14 rue de Provigny, 94236 Cachan CEDEX, FRANCE

Телефон: +33 1 47 40 67 00 • Факс: +33 1 47 40 67 02

Эл. почта: livres@lavoisier.fr • Веб-сайт: <http://www.lavoisier.fr>

L'Appel du livre

99 rue de Charonne, 75011 Paris, FRANCE

Телефон: +33 1 43 07 50 80 • Факс: +33 1 43 07 50 80

Эл. почта: livres@appeldulivre.fr • Веб-сайт: <http://www.appeldulivre.fr>

ГЕРМАНИЯ

Goethe Buchhandlung Teubig GmbH

Schweitzer Fachinformationen

Willstätterstrasse 15, 40549 Düsseldorf, GERMANY

Телефон: +49 (0) 211 49 8740 • Факс: +49 (0) 211 49 87428

Эл. почта: s.dehaan@schweitzer-online.de • Веб-сайт: <http://www.goethebuch.de>

ВЕНГРИЯ

Librotrade Ltd., Book Import

PF 126, 1656 Budapest, HUNGARY

Телефон: +36 1 257 7777 • Факс: +36 1 257 7472

Эл. почта: books@librotrade.hu • Веб-сайт: <http://www.librotrade.hu>

ИНДИЯ

Allied Publishers

1st Floor, Dubash House, 15, J.N. Heredi Marg, Ballard Estate, Mumbai 400001, INDIA
Телефон: +91 22 2261 7926/27 • Факс: +91 22 2261 7928
Эл. почта: alliedpl@vsnl.com • Веб-сайт: <http://www.alliedpublishers.com>

Bookwell

3/79 Nirankari, Delhi 110009, INDIA
Телефон: +91 11 2760 1283/4536
Эл. почта: bkwell@nde.vsnl.net.in • Веб-сайт: <http://www.bookwellindia.com/>

ИТАЛИЯ

Libreria Scientifica "AEIOU"

Via Vincenzo Maria Coronelli 6, 20146 Milan, ITALY
Телефон: +39 02 48 95 45 52 • Факс: +39 02 48 95 45 48
Эл. почта: info@libreriaaeiou.eu • Веб-сайт: <http://www.libreriaaeiou.eu/>

ЯПОНИЯ

Maruzen Co., Ltd.

1-9-18 Kaigan, Minato-ku, Tokyo 105-0022, JAPAN
Телефон: +81 3 6367 6047 • Факс: +81 3 6367 6160
Эл. почта: journal@maruzen.co.jp • Веб-сайт: <http://www.maruzen.co.jp>

НИДЕРЛАНДЫ

Martinus Nijhoff International

Koraalrood 50, Postbus 1853, 2700 CZ Zoetermeer, NETHERLANDS
Телефон: +31 793 684 400 • Факс: +31 793 615 698
Эл. почта: info@nijhoff.nl • Веб-сайт: <http://www.nijhoff.nl>

СЛОВЕНИЯ

Cankarjeva Založba dd

Kopitarjeva 2, 1515 Ljubljana, SLOVENIA
Телефон: +386 1 432 31 44 • Факс: +386 1 230 14 35
Эл. почта: import.books@cankarjeva-z.si • Веб-сайт: http://www.mladinska.com/cankarjeva_zalozba

ИСПАНИЯ

Diaz de Santos, S.A.

Librerias Bookshop • Departamento de pedidos
Calle Albasanz 2, esquina Hermanos Garcia Noblejas 21, 28037 Madrid, SPAIN
Телефон: +34 917 43 48 90 • Факс: +34 917 43 4023
Эл. почта: compras@diazdesantos.es • Веб-сайт: <http://www.diazdesantos.es/>

СОЕДИНЕННОЕ КОРОЛЕВСТВО

The Stationery Office Ltd. (TSO)

PO Box 29, Norwich, Norfolk, NR3 1PD, UNITED KINGDOM
Телефон: +44 870 600 5552
Эл. почта (заказы): books.orders@tso.co.uk • (справки): book.enquiries@tso.co.uk • Веб-сайт: <http://www.tso.co.uk>

СОЕДИНЕННЫЕ ШТАТЫ АМЕРИКИ

Bernan Associates

4501 Forbes Blvd, Suite 200, Lanham, MD 20706-4391, USA
Телефон: +1 800 865 3457 • Факс: 1 800 865 3450
Эл. почта: orders@bernan.com • Веб-сайт: <http://www.bernan.com>

Renouf Publishing Co. Ltd.

812 Proctor Avenue, Ogdensburg, NY 13669, USA
Телефон: +1 888 551 7470 • Факс: +1 888 551 7471
Эл. почта: orders@renoufbooks.com • Веб-сайт: <http://www.renoufbooks.com>

Организация Объединенных Наций (ООН)

300 East 42nd Street, IN-919J, New York, NY 1001, USA
Телефон: +1 212 963 8302 • Факс: +1 212 963 3489
Эл. почта: publications@un.org • Веб-сайт: <http://www.unp.un.org>

Заказы платных и бесплатных публикаций можно направлять непосредственно по адресу:

IAEA Publishing Section, Marketing and Sales Unit, International Atomic Energy Agency
Vienna International Centre, PO Box 100, 1400 Vienna, Austria
Телефон: +43 1 2600 22529 или 22488 • Факс: +43 1 2600 29302
Эл. почта: sales.publications@iaea.org • Веб-сайт: <http://www.iaea.org/books>

