

# Уроки реагирования на радиационные аварийные ситуации (1945–2010 годы)

ДАТА ОПУБЛИКОВАНИЯ: ЯНВАРЬ 2013 ГОДА



**IAEA**

Международное агентство по атомной энергии

## **НОРМЫ МАГАТЭ ПО БЕЗОПАСНОСТИ И ДРУГИЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ДАННОЙ ТЕМЕ**

### **НОРМЫ МАГАТЭ ПО БЕЗОПАСНОСТИ**

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 МАГАТЭ по безопасности.** 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 МАГАТЭ по нормам безопасности 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: P.O. Box 100, 1400 Vienna, Austria.

Всем пользователям норм МАГАТЭ по безопасности 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](mailto: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 и защиты 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 **докладов по радиологическим оценкам, докладов ИНСАГ** – Международной группы по ядерной безопасности, **технических докладов** и документов серии **ТЕСДОС**. 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.

EPR-LESSONS

LEARNED

**2012**

АВАРИЙНАЯ ГОТОВНОСТЬ И  
РЕАГИРОВАНИЕ

# Уроки реагирования на радиационные аварийные ситуации (1945–2010 годы)

ДАТА ОПУБЛИКОВАНИЯ: ЯНВАРЬ 2013 ГОДА



**IAEA**

Международное агентство по атомной энергии

## 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 будут рассматриваться в каждом отдельном случае. Вопросы следует направлять по эл. почте в Издательскую секцию МАГАТЭ по адресу: [sales.publications@iaea.org](mailto:sales.publications@iaea.org) или по почте:

Группа продажи и рекламы, Издательская секция  
Международное агентство по атомной энергии  
Vienna International Centre  
PO Box 100  
A-1400 Vienna, Austria  
Факс: +43 1 2600 29302  
Тел: +43 1 2600 22417  
Эл. почта: [sales.publications@iaea.org](mailto:sales.publications@iaea.org)  
<http://www.iaea.org/books>

В отношении дополнительной информации  
по этой публикации просьба обращаться:

Центр по инцидентам и аварийным ситуациям  
Международное агентство по атомной энергии  
Венский международный центр  
PO Box 100  
1400 Vienna, Austria  
Эл. почта: [official.mail@iaea.org](mailto:official.mail@iaea.org)

УРОКИ РЕАГИРОВАНИЯ НА РАДИАЦИОННЫЕ  
АВАРИЙНЫЕ СИТУАЦИИ (1945-2010 ГОДЫ)  
МАГАТЭ, ВЕНА, 2013 ГОД  
IAEA-EPR  
© МАГАТЭ, 2013  
Отпечатано МАГАТЭ в Австрии  
Январь 2013 года

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Устав МАГАТЭ уполномочивает Агентство устанавливать нормы безопасности для охраны здоровья людей и сведения к минимуму опасности для жизни и имущества. В публикации серии норм МАГАТЭ по безопасности № SF-1 «Основополагающие принципы безопасности» определены основополагающие цели безопасности, принципы безопасности и концепции, на базе которых разрабатываются эти нормы безопасности и связанная с безопасностью программа МАГАТЭ. Соответствующие требования изложены в публикациях категории Требований безопасности, в то время как руководящие материалы по выполнению этих требований содержатся в соответствующих руководствах по безопасности.

В публикации «Основополагающие принципы безопасности» изложены десять принципов безопасности и кратко описаны их предназначение и цель. Принцип 9 гласит, что «должны приниматься меры по организации аварийной готовности и реагирования на случай ядерных или радиационных инцидентов». Требования в отношении аварийной готовности и реагирования на ядерные или радиационные аварийные ситуации в любом государстве изложены в публикации серии норм безопасности МАГАТЭ № GS-R-2 "Готовность и реагирование в случае ядерной или радиационной аварийной ситуации", разработанной совместно семью международными организациями.

В принципы безопасности, изложенные в публикации «Основополагающие принципы безопасности», включены принципы эффективного управления безопасностью. В частности, в связи с принципом 3, касающимся руководства и управления в интересах обеспечения безопасности, в публикации указывается, что «необходимо организовать процесс учета и анализа ... аварий ... так, чтобы из них можно было извлечь уроки и чтобы можно было обмениваться информацией и принять соответствующие меры». Данный вопрос также рассмотрен в публикации GS-R-2, в которой указывается, что «должны приниматься меры, для того чтобы поддерживать, рассматривать и обновлять планы аварийных мероприятий, процедуры и другие меры и учитывать уроки, извлеченные из исследований, эксплуатационного опыта (такого, как реагирование на аварийные ситуации) и включать аварийные тренировки и учения» в качестве части программы обеспечения качества.

В сентябре 2011 года Генеральная конференция МАГАТЭ в резолюции GC(55)/RES/9 подчеркнула для всех государств-членов «важность ... создания механизмов обеспечения аварийной готовности и реагирования и разработки мер по смягчению последствий на национальном уровне в соответствии с нормами Агентства по безопасности» и далее предложила «Секретариату продолжать совершенствовать обмен знаниями и опытом в области аварийной готовности и реагирования и настоятельно призвала государства-члены активно участвовать в этом обмене».

Хотя главную ответственность за обеспечение безопасности должны нести лицо или организация, которые отвечают за установки и деятельность, создающие радиационный риск (Принцип 1 в публикации «Основополагающие принципы безопасности»), МАГАТЭ также обязано оказывать своим государствам-членам

помощь в повышении безопасности. Во-первых, в соответствии со своим Уставом МАГАТЭ уполномочено обеспечивать применение своих норм. Во-вторых, одна из функций МАГАТЭ в соответствии со статьёй 5 a ii) Конвенции о помощи в случае ядерной аварии или радиационной аварийной ситуации заключается в том, чтобы «собирать и распространять среди государств-участников и государств-членов информацию о ... методических принципах, способах проведения и имеющихся результатах исследований, относящихся к реагированию на ядерные аварии и радиационные аварийные ситуации».

Настоящая публикация подготовлена с целью оказания государствам-членам МАГАТЭ помощи в усвоении тех уроков прошлых аварийных ситуаций, которые подкрепляют требования безопасности, изложенные в публикации по требованиям безопасности GS-R-2.

Данный доклад был составлен до землетрясения, произошедшего в Японии в марте 2011 года, и в него не включено рассмотрение аварии на АЭС "Фукусима-дайити" в Японии. Уроки, извлеченные из этой аварии, будут обсуждены в будущих публикациях МАГАТЭ и дополнят сведения, приведенные в данном докладе.

Сотрудниками МАГАТЭ, ответственными за данную публикацию, являются г-н Т. Маккенна (Т. McKenna) и г-жа Е. Буглова из Департамента ядерной безопасности.

#### РЕДАКЦИОННОЕ ПРИМЕЧАНИЕ

*Использование тех или иных названий стран или территорий не выражает какого-либо суждения со стороны издателя – МАГАТЭ – относительно правового статуса таких стран или территорий, их компетентных органов и учреждений, либо относительно определения их границ.*

*Упоминание названий конкретных компаний или продуктов (независимо от того, были они зарегистрированы или нет) не подразумевает какого-либо намерения нарушить права собственности, и его не следует рассматривать как одобрение или рекомендацию со стороны МАГАТЭ.*

## СОДЕРЖАНИЕ

1.	ВВЕДЕНИЕ .....	1
1.1.	Общие сведения.....	1
1.2.	Цель.....	2
1.3.	Область применения.....	2
1.4.	Структура.....	3
2.	ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ .....	4
2.1.	Основные обязанности.....	4
2.1.1.	Замечания .....	4
2.1.2.	Выводы.....	8
2.2.	Оценка угрозы .....	9
2.2.1.	Замечания .....	10
2.2.2.	Выводы.....	11
3.	ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ .....	13
3.1.	Общие положения .....	13
3.1.1.	Замечания .....	13
3.2.	Организация управления аварийной ситуацией и операций.....	13
3.2.1.	Замечания .....	14
3.2.2.	Выводы.....	15
3.3.	Определение ситуации, оповещение и начало действий .....	16
3.3.1.	Замечания .....	18
3.3.2.	Выводы.....	21
3.4.	Осуществление смягчающих мер .....	21
3.4.1.	Замечания .....	22
3.4.2.	Выводы.....	23
3.5.	Принятие срочных защитных мер .....	23
3.5.1.	Замечания .....	24
3.5.2.	Выводы.....	28
3.6.	Предоставление информации, выпуск инструкций и предупреждение населения.....	30
3.6.1.	Замечания .....	30
3.6.2.	Выводы.....	33
3.7.	Защита аварийных работников .....	34
3.7.1.	Замечания .....	35
3.7.2.	Выводы.....	36
3.8.	Оценка начального этапа .....	37
3.8.1.	Замечания .....	37
3.8.2.	Выводы.....	38
3.9.	Управление медицинским реагированием .....	39
3.9.1.	Замечания .....	39
3.9.2.	Выводы.....	44
3.10.	Информирование населения .....	45
3.10.1.	Замечания .....	45
3.10.2.	Выводы.....	47
3.11.	Принятие сельскохозяйственных контрмер, контрмер, препятствующих пероральному поступлению, и долгосрочных защитных мер .....	48
3.11.1.	Замечания .....	49
3.11.2.	Выводы.....	51
3.12.	Смягчение нерадиологических последствий аварийной ситуации и реагирования.....	51
3.12.1.	Замечания .....	52

3.12.2. Выводы.....	52
3.13. Проведение восстановительных операций.....	53
3.13.1. Замечания.....	53
3.13.2. Выводы.....	55
4. ТРЕБОВАНИЯ К ИНФРАСТРУКТУРЕ.....	55
4.1. Общие положения.....	55
4.2. Полномочия.....	55
4.2.1. Замечания.....	56
4.2.2. Выводы.....	58
4.3. Организация.....	58
4.3.1. Замечания.....	59
4.3.2. Выводы.....	60
4.4. Координация аварийного реагирования.....	60
4.4.1. Замечания.....	61
4.4.2. Выводы.....	62
4.5. Планы и процедуры.....	62
4.5.1. Замечания.....	63
4.5.2. Выводы.....	66
4.6. Материально-техническая поддержка и обеспечение.....	66
4.6.1. Замечания.....	67
4.6.2. Выводы.....	68
4.7. Обучение, тренировки и учения.....	69
4.7.1. Замечания.....	69
4.7.2. Выводы.....	71
4.8. Программа обеспечения качества.....	71
4.8.1. Замечания.....	71
4.8.2. Выводы.....	72
5. ВЫВОДЫ.....	73
ДОПОЛНЕНИЕ I ОПИСАНИЕ ДЕСЯТИ ДОКУМЕНТАЛЬНО	
ЗАРЕГИСТРИРОВАННЫХ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ.....	74
1. Авария на атомной электростанции "Три-Майл Айленд" (ТМІ).....	74
2. Авария на Чернобыльской атомной электростанции.....	75
3. Авария из-за непредусмотренной критичности в Токаймура, Япония.....	77
4. Авария в Гоянии.....	78
5. Авария в Сан Хосе, Коста-Рика.....	81
6. Авария в Сан-Сальвадоре.....	83
7. Выброс опасных материалов в Бхопале, Индия.....	85
8. Ураганы «Катрина» и «Рита».....	85
9. Взрывы бомб в Лондоне 7 июля 2005 года.....	88
10. Инцидент с полонием-210 в Лондоне, 2006 год.....	89
ДОПОЛНЕНИЕ II ОПИСАНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ РАДИАЦИОННЫХ	
АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ.....	97
СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ.....	143
СОКРАЩЕНИЯ.....	157
СОСТАВИТЕЛИ И РЕЦЕНЗЕНТЫ.....	159

# 1. ВВЕДЕНИЕ

## 1.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Основополагающая концепция, лежащая в основе норм безопасности Международного Агентства по атомной энергии (МАГАТЭ), заключается в том, что предотвращение проблем лучше, чем их преодоление. Она реализуется посредством применения соответствующих норм при проектировании и эксплуатации. Однако радиационные инциденты и аварийные ситуации<sup>1</sup> все же происходят, и необходимы нормы безопасности, которые определяют подходы, используемые при смягчении последствий.

В публикации МАГАТЭ по требованиям безопасности "Готовность и реагирование в случае ядерной или радиационной аварийной ситуации" GS-R-2 [1] содержатся требования к обеспечению надлежащего уровня готовности и реагирования в случае ядерной или радиационной аварийной ситуации в любом государстве. В них учтены несколько других норм безопасности уровня требований безопасности, а именно: «Международные основные нормы безопасности для защиты от ионизирующих излучений и безопасного обращения с источниками излучения (ОНБ)» [2]; «Государственная, правовая и регулирующая основа обеспечения безопасности», GSR часть 1 [3]; «Безопасность атомных электростанций: Проектирование», NS-R-1 [4]; и «Безопасность атомных электростанций: Эксплуатация», NS-R-2 [5]. При осуществлении этих требований ставится цель свести к минимуму последствия любой ядерной или радиологической аварийной ситуации для людей, имущества и окружающей среды. Хотя они были разработаны до публикации основополагающих принципов безопасности [6], в них определены требования, которые должны удовлетворяться для достижения общей цели, и применяются принципы, которые представлены в публикациях, касающихся аварийных ситуаций.

Аварийная ситуация определена в глоссарии Агентства [7] как «нештатная ситуация или штатное событие, которые требуют принятия оперативных мер для смягчения опасности или неблагоприятных последствий для здоровья человека и безопасности или качества жизни, собственности или окружающей среды. Этот термин охватывает ядерные и радиологические аварийные ситуации и обычные аварийные ситуации (чрезвычайные ситуации), такие, как пожары, выбросы опасных химических веществ, бури, ураганы или землетрясения. Сюда входят ситуации, в случае которых для смягчения эффектов воспринимаемой опасности требуются оперативные меры».

Зафиксировано несколько ядерных аварийных ситуаций, причем наиболее значительными являются пожар на реакторе в Уиндскейле в 1957 году [8], авария на АЭС "Три-Майл Айленд" в 1979 году [9], авария на Чернобыльской АЭС в 1986 году [10], авария в Сарове в 1997 году [11] и авария в Токаймура в 1999 году [12]. Радиационные аварийные ситуации возникали в разных странах мира, и по

---

<sup>1</sup> В настоящем документе термин «радиационная аварийная ситуация» используется как общий термин для описания ядерной или радиологической аварийной ситуации.

приглашению соответствующей страны МАГАТЭ проводило всестороннее рассмотрение событий, цель которого заключалась в сборе информации о причинах аварий, осуществлении последующих мер аварийного реагирования, включая меры медицинского характера, реконструкции доз, связи с общественностью и т.д., с тем чтобы можно было поделиться любыми извлеченными уроками с национальными компетентными органами и регулирующими организациями, специалистами по аварийному планированию и самыми различными специалистами, включая физиков, техников и медицинских специалистов и лиц, ответственных за радиационную защиту [13-31]. Представляется целесообразным проанализировать данные этих и других докладов о реагировании на радиационные аварийные ситуации, с тем чтобы обобщить эти уроки.

## 1.2. ЦЕЛЬ

Поэтому цель настоящей публикации состоит в том, чтобы дать обзор уроков реагирования на ряд радиационных аварийных ситуаций с целью обобщения этих уроков. Еще одна цель состоит в том, чтобы показать необходимость разработки мер по обеспечению аварийной готовности и реагирования, справочные сведения о которых содержатся в публикации МАГАТЭ по требованиям безопасности, "Готовность и реагирование в случае ядерной или радиационной аварийной ситуации", GS-R-2 [1].

## 1.3. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

В настоящей публикации рассматриваются как ядерные, так и радиологические аварийные ситуации (в дальнейшем именуемые радиационными аварийными ситуациями). В ней также учтены уроки, извлеченные из других аварийных ситуаций, в тех случаях, когда эти уроки актуальны. Она предназначена для национальных компетентных органов и регулирующих организаций, специалистов по аварийному планированию и самых различных специалистов, включая физиков, техников и медицинских специалистов и лиц, ответственных за радиационную защиту. Она также актуальна при любом будущем рассмотрении Норм безопасности МАГАТЭ, касающихся радиационных аварийных ситуаций.

Диапазон потенциальных представляющих интерес радиационных аварийных ситуаций весьма широк: от крупных аварийных ситуаций на реакторах и до аварийных ситуаций, связанных с утерянным или похищенным радиоактивным материалом. В настоящем документе рассматривается весь диапазон радиационных аварийных ситуаций.

В данном документе не рассматриваются уроки, связанные с предотвращением радиационных событий путем применения мер радиационной безопасности, предусмотренных в конструкции установок и при их эксплуатации.

#### 1.4. СТРУКТУРА

Структура документа аналогична структуре публикации категории требований безопасности "Готовность и реагирование в случае ядерной или радиационной аварийной ситуации" [1]. Так, в разделе 2 рассматриваются общие требования в отношении аварийной готовности и реагирования; в разделе 3 изложены функциональные требования; и в разделе 4 приведены требования к инфраструктуре. Каждый подраздел начинается с перечня, в краткой форме, основных требований, изложенных в этом документе. Далее следует краткое изложение любых актуальных замечаний по результатам рассмотрения реагирования на различные аварийные ситуации и выводов, сделанных на основе этих замечаний. В Дополнении I содержится обзор некоторых зафиксированных радиационных и других аварийных ситуаций, возникших после 1945 года и наиболее часто упоминаемых в основном тексте. В Дополнении 2 приведены стандартизированные краткие описания различных типов радиационных аварийных ситуаций и их статистические данные. Таблицы 3–11 в основном адаптированы из [32].

Если не указано иное, термины, используемые в настоящем документе, соответствуют определениям, приведённым в Глоссарии МАГАТЭ по вопросам безопасности [7].

## **2. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ**

### **2.1. ОСНОВНЫЕ ОБЯЗАННОСТИ**

Главные требования в отношении основных обязанностей, изложенные в публикации категории требований безопасности [1], касаются:

- организации и проведения надлежащей подготовки к реагированию с целью устранения любых последствий радиационной аварийной ситуации в общественной сфере;
- предоставления ресурсов регулирующему органу и организациям, осуществляющим реагирование;
- принятия законодательства, предусматривающего четкое распределение обязанностей, включая определение национального координирующего компетентного органа;
- учреждения мер по обеспечению готовности и реагирования для любой практической деятельности или источника, которые могут требовать чрезвычайного вмешательства, и интеграции таких мер с мерами других организаций, осуществляющих реагирование;
- тестирования этих мер через соответствующие интервалы времени;
- разработки регулирующих положений и руководств регулирующим органом;
- отчетности об аварийных ситуациях;
- роли регулирующего органа как консультанта правительства и осуществляющих реагирование организаций;
- координации мер реагирования на радиационную аварийную ситуацию с мерами реагирования на обычные аварийные ситуации;
- принятия соответствующих управленческих мер с целью соблюдения временных параметров реагирования на всем протяжении аварийной ситуации.

#### **2.1.1. Замечания**

Все эти требования повторяются в последующих разделах публикации по требованиям безопасности. Однако здесь можно отметить ряд общих моментов на основе информации, содержащейся в Дополнении.

Радиационные аварийные ситуации целесообразно разбить на две группы<sup>2</sup>, а именно:

- (a) Аварийные ситуации, которые могут возникать где угодно. Как правило, они представляют собой радиологические аварийные ситуации и включают:
- случаи облучения от опасных<sup>3</sup> бесхозных<sup>4</sup> источников;
  - облучение и радиоактивное загрязнение населения, происхождение которых неизвестно;
  - возвращение в атмосферу радиоактивных искусственных спутников Земли;
  - террористические угрозы/акты;
  - транспортные аварии.
- (b) Аварийные ситуации, возникающие на установках, где используется или хранится радиоактивный материал, могут быть ядерными или радиологическими. К этим установкам относятся:
- ядерные реакторы (исследовательские, судовые и энергетические);
  - установки топливного цикла (например, установки по переработке топлива);
  - большие облучательные установки (например, промышленные облучательные установки);
  - хранилища больших количеств отработавшего топлива или другого радиоактивного материала;
  - промышленное и медицинское использование опасных источников (например, в телетерапии и радиографии).

Аварийные ситуации, относящиеся к первой группе, могут возникать в любой стране, тогда как ситуации, относящиеся ко второй группе, могут возникать только в тех странах, где имеется такие установки. Даже в этом случае, аварийные ситуации, относящиеся ко второй группе, могут затрагивать и другие страны, помимо тех, в которых имеется установка, если, например, произошел выброс радиоактивного материала, способный пересечь национальные границы, как это имело место в случае аварии на Чернобыльской АЭС в 1986 году.

---

<sup>2</sup> Как отмечено в разделе 1, радиационные аварийные ситуации бывают двух типов, а именно, радиологические и ядерные. Однако с целью выявления уроков в отношении реагирования более удобно категоризировать их в терминах места, в котором они могли бы произойти.

<sup>3</sup> Опасный источник - это источник, который, если он не находится под контролем, может привести к облучению, достаточному для возникновения серьезных детерминированных эффектов (то есть, повреждению, которое возникает только при превышении определенной относительно высокой пороговой дозы, являющейся фатальной или угрожающей жизни, или приводит к невозместимому ущербу, снижающему качество жизни).

<sup>4</sup> Бесхозный источник определен в Глоссарии МАГАТЭ по вопросам безопасности как «радиоактивный источник, который не находится под регулирующим контролем, потому что он либо никогда не находился под регулирующим контролем, либо был оставлен без присмотра, утерян, помещен в ненадлежащее место, похищен или передан без надлежащего официального разрешения».

Многие аварийные ситуации, относящиеся к первой группе и приведшие к смерти или серьезному ущербу здоровью лиц из населения, были связаны с опасными бесхозными радиоактивными источниками. Общий сценарий таких аварийных ситуаций является следующим: опасный источник попадает к кому-то, кто не осознает его опасность. В ряде случаев источник оказывается у мелкого торговца металлоломом, который впоследствии пытается разобрать контейнер, что приводит к разрушению биологической защиты источника и высоким дозам облучения находящихся поблизости лиц. Когда у лиц, получивших высокие дозы облучения, появляются признаки острого лучевого поражения (например, ожоги, рвота), они обращаются за медицинской помощью. Однако может пройти некоторое время, прежде чем врачи заподозрят, что ущерб здоровью стал следствием радиационного воздействия, и оповестят соответствующих должностных лиц. Как только признана возможность возникновения радиационной аварийной ситуации, эти должностные лица в большинстве случаев могут с помощью обычных приборов дозиметрического контроля быстро поставить источник под контроль, предотвращая дальнейший ущерб здоровью. В некоторых случаях действия, направленные на восстановление безопасной ситуации, не оказывается возможным завершить сразу же ввиду необходимости определить местонахождение источника(ов) или распространение радиоактивного загрязнения. Однако важной является способность признать факт возникновения аварии, что позволяет приступить к осуществлению планов аварийного реагирования. Во всех таких случаях общественность и СМИ проявляли значительный интерес и озабоченность. Примерами аварийных ситуаций, относящихся к этой категории, являются аварии в Гоянии в 1987 году [13], Турции в 1999 году [21] и Таиланде в 2000 году [25] и инцидент с полонием-210 в Лондоне в 2006 году [33].

Главные уроки этих аварийных ситуаций таковы:

- они могут возникать неожиданно в любой стране;
- торговцев металлоломом необходимо информировать о способах обнаружения или иной идентификации опасных бесхозных источников;
- медицинских работников необходимо информировать о методах выявления медицинских симптомов облучения;
- необходимо разрабатывать национальные и, при необходимости, местные планы и процедуры;
- для принятия решений необходимы заранее определенные общие и эксплуатационные критерии;
- необходимо оперативно откликаться на озабоченность, проявляемую населением и СМИ.

Авария на АЭС "Три-Майл Айленд" (ТМІ) в 1979 году [9], Чернобыльская авария в 1986 году [10], аварии в Токаймура в 1999 году [12] и в Сан-Сальвадоре [14] являются наиболее яркими примерами аварийных ситуаций, относящихся ко второй группе.

Авария на ТМІ характеризовалась серьезным повреждением активной зоны атомной электростанции, весьма высокими дозами на площадке и лишь незначительными выбросами радиоактивного материала за пределами площадки, но она привела к значительному психологическому воздействию на население за пределами площадки [9]. В ходе аварии на Чернобыльской АЭС произошел чрезвычайно большой выброс радиоактивного материала из атомной электростанции, который привел к 28 связанным с радиацией смертельным случаям среди работников станции и лиц, осуществлявших меры аварийного реагирования в 1986 году, а также к нескольким тысячам случаев радиационно-индуцированного рака щитовидной железы у детей, причем был нанесен громадный психологический и экономический ущерб [10].

Главными уроками аварийных ситуаций на ТМІ и Чернобыльской АЭС явились необходимость:

- разработки мер аварийного реагирования для весьма маловероятных событий;
- развития потенциала по выявлению опасных условий на установке и немедленному принятию мер после их обнаружения;
- принятия мер по защите работников аварийных служб на площадке;
- наличия критериев и положений для оперативной оценки условий на установке и радиационной обстановки за пределами площадки с целью принятия решений относительно эвакуации, переселения, ограничений в отношении пищевых продуктов и других контрмер; и
- предусмотреть возможность оперативного реагирования на озабоченность, проявляемую населением и СМИ.

Авария в Токаймуре произошла из-за возникновения критичности и привела к смерти двух работников, но не сопровождалась никаким существенным выбросом или облучением за пределами площадки. Даже притом, что радиологическое воздействие за пределами площадки было небольшим, эта авария все же нанесла серьезный экономический и психологический ущерб. Главный урок заключается в необходимости оперативно реагировать на озабоченность общественности, даже в случае тех установок, аварийные ситуации на которых не могут приводить к значительным радиологическим последствиям за пределами площадки.

При аварии в Сан-Сальвадоре пострадали три не прошедших подготовку работника, которые подверглись воздействию высоких уровней радиации на промышленной облучательной установке. Ноги и ступни ног двух из них были повреждены настолько серьезно, что потребовалась ампутация. Один из работников умер через шесть с половиной месяцев после аварии. Главный урок здесь был связан скорее с предотвращением, чем с реагированием: необходимостью обеспечить, чтобы персонал, работающий на установках, где возможны высокие дозы (даже если вероятность этого весьма мала), был соответствующим образом обучен и оснащен.

Первые три примера в этой второй категории представляли собой ядерные аварийные ситуации; последний пример представлял собой радиологическую аварийную ситуацию. Кроме того, ряд радиологических аварийных ситуаций в этой категории был связан с чрезмерным облучением пациентов, проходивших курс лучевой терапии [20, 24, 27]. Это облучение приводило к смерти пациентов или являлось одним из факторов, обусловивших такой исход, или же наносило серьезный ущерб их здоровью. Как правило, причинами являлись отказ оборудования, процедурные ошибки или использование неподвижных (и непроверенных) конфигураций компьютерных систем или систем оборудования.

Главные уроки реагирования в случае этих аварийных ситуаций заключаются в необходимости:

- оперативно оповещать пользователей подобных лечебных систем о возможности аварийного переоблучения;
- обеспечения специализированного лечения с целью ограничения страданий пациентов и тяжести невозместимого ущерба здоровью.

### **2.1.2. Выводы**

Эти уроки демонстрируют важность:

- разработки и поддержания всеми государствами мер (включая их осуществление) по борьбе с радиационными аварийными ситуациями в общественной сфере согласно национальным обстоятельствам;
- разработки теми, кто отвечает за установки, на которых хранятся или используются источники излучения, собственных мер аварийного реагирования, дифференцированных в соответствии с уровнем риска;
- разработки теми, кто отвечает за установки/объекты, на которые могут попадать бесхозные источники (например, склады металлолома), мер аварийного реагирования;
- наличия соответствующих ресурсов и четкого определения обязанностей в случае аварийной ситуации с целью обеспечения надлежащего реагирования на радиационные аварийные ситуации;
- обучения медицинских работников распознаванию радиационно-индуцированных повреждений, поскольку зачастую они являются первыми, кто сталкивается с такими повреждениями у пациентов, и инструктирования их о желательности информирования регулирующего органа в случае, когда они подозревают появление такого повреждения;
- оперативного предоставления СМИ и населению четкой информации в случае радиационной аварийной ситуации ввиду значительного интереса, проявляемого к таким событиям, и с целью избежать нежелательного нарушения хода операций по реагированию.

## 2.2. ОЦЕНКА УГРОЗЫ<sup>5</sup>

В целях определения требований к аварийной готовности и реагированию, изложенных в [1], радиологические угрозы разбиты на группы в соответствии с категориями угрозы<sup>6</sup>, приведенными ниже в таблице 1. Каждая из категорий в этом разбиении на группы имеет общие особенности с точки зрения величины радиологических последствий в случае аварийной ситуации и соответствующих мер по обеспечению готовности и реагирования. Категории угроз I, II и III представляют уменьшающиеся уровни радиологической угрозы на установках с соответствующей жесткостью требований, предъявляемых к мерам готовности и реагирования. Категории угроз IV и V применяются к деятельности<sup>7</sup>. Категория угрозы IV применяется к деятельности, которая может привести к аварийным ситуациям фактически в любом месте; поэтому она представляет минимальный уровень угрозы, который предполагается применять для всех государств и юрисдикций. Категория угрозы V применяется к территориям за пределами площадки, в которых меры по обеспечению готовности и реагирования требуются для борьбы с радиоактивным загрязнением, являющимся результатом выброса радиоактивного материала с установки, относящейся к категории угрозы I или II. Эти категории угроз используются для разработки дифференцированного подхода к обеспечению готовности к радиационным аварийным ситуациям и реагированию на них. Однако не существует никакого конкретного требования использовать эти категории; они просто определены для целей публикации по требованиям безопасности.

В [34] содержатся руководящие материалы по определению категории угрозы и примеры категорий угрозы для различных ситуаций. Оценке угроз присуще ясное понимание того, что может потенциально пойти не так, как надо; и здесь весьма важны знание и понимание причин и последствий предыдущих аварий.

---

<sup>5</sup> В будущих нормах безопасности, руководящих материалах и руководствах МАГАТЭ, которые в настоящее время разрабатываются, термин "угроза", используемый при "оценке угрозы", планируется заменить на термины "опасность" и "оценка опасности".

<sup>6</sup> В будущих нормах безопасности, руководящих материалах и руководствах МАГАТЭ, которые в настоящее время разрабатываются, термин "категория угрозы" планируется заменить на термин "категория опасности".

<sup>7</sup> Установки и деятельность – это общий термин, охватывающий ядерные установки, применения всех видов источников ионизирующих излучений, всех видов деятельности по обращению с радиоактивными отходами, перевозку радиоактивных материалов и любую другую практическую деятельность или обстоятельства, в которых люди могут подвергаться воздействию излучения от естественных или искусственных источников. К установкам относятся: ядерные установки; облучательные установки; некоторые установки по добыче и обработке сырьевых материалов, например урановые рудники; установки для обращения с радиоактивными отходами; а также любые другие места, где образуется, обрабатывается, используется, подвергается физическому манипулированию, хранится или захоранивается (утилизируется) радиоактивный материал или же где установлены генераторы излучений, в таких масштабах, при которых требуется учитывать факторы защиты и безопасности. Виды деятельности включают производство, использование, импорт и экспорт источников излучения для промышленных, исследовательских и медицинских целей, перевозку радиоактивных материалов, снятие с эксплуатации установок, деятельность по обращению с радиоактивными отходами, такую, как осуществление сбросов, и некоторые аспекты мероприятий по восстановлению площадок, загрязненных остаточными веществами от прошлой деятельности. См. Глоссарий МАГАТЭ по вопросам безопасности [7].

Главные требования при оценке угроз, изложенные в публикации категории требований безопасности [1], касаются:

- использования для установок, относящихся к категории угрозы I, вероятностного анализа безопасности для оценки адекватности мер аварийного реагирования оператора;
- использования для установок, относящихся к категории угрозы I, II или III, всеобъемлющего анализа безопасности для определения всех источников облучения с целью разработки требований в аварийных ситуациях;
- необходимости соответствия аварийных мер потенциальной величине и характеру угрозы;
- необходимости проведения периодических рассмотрений с целью обеспечения того, чтобы были определены все виды практической деятельности и ситуации, при которых может потребоваться аварийное реагирование, и обеспечения проведения оценки угрозы для таких видов практической деятельности и ситуаций;
- определения установок, источников, видов практической деятельности, зон на площадке, зон за пределами площадки и объектов, для которых оправданы защитные меры;
- определения нерадиологических угроз;
- определения мест, где значительна вероятность появления опасного источника;
- определения крупных предприятий по переработке металлолома, пунктов пересечения государственной границы и объектов, на которых, возможно, использовались мощные источники.

### 2.2.1. Замечания

Многочисленные исследования показывают, что наиболее неблагоприятные выбросы продуктов деления [35, 36, 37] на большой атомной электростанции<sup>8</sup> или из большого бассейна для отработавшего топлива<sup>9</sup> могут приводить к серьезным детерминированным эффектам для здоровья за пределами площадки; поэтому эти установки следует включить в категорию угрозы I. Исследовательские реакторы и установки по обработке отработавшего топлива являются примерами установок, которые могут приводить к выбросам, оправдывающим применение срочных защитных действий за пределами площадки, и таким образом попадают в категорию угрозы II.

Общепризнанно, что на установках, попадающих в категории угрозы I и II, для определения аварийных мер требуется проведение всеобъемлющего анализа безопасности. Менее общепризнанно то, что на установках, относящихся к

---

<sup>8</sup> Авария на Чернобыльской АЭС привела к дозам, которые, возможно, привели бы к летальным последствиям за пределами площадки, если бы первоначальный выброс накрыл населенный район [38].

<sup>9</sup> Локализация отработавшего топлива требует активного охлаждения.

категории угрозы III, могут возникать серьезные аварийные ситуации. На установках, относящихся к категории угрозы III, происходили крупные аварии, приводившие к серьезным лучевым поражениям или смертельным случаям в нескольких странах, в том числе: в Италии в 1975 году [32, 39], Норвегии в 1982 году [40, 41], Сан-Сальвадоре в 1989 году [14], Израиле в 1990 году [15], Китае в 1990 году и 1992 году [32, 39], Беларуси в 1991 году [16] и Франции в 1991 году [42, 43], наряду с прочими. Ввиду относительно небольшого количества установок риск таких аварий был высоким. Это стало причиной развертывания крупной программы работ МАГАТЭ по содействию улучшениям [29]. Согласно опыту МАГАТЭ, теперь риск существенно снизился благодаря улучшениям в проектировании и в практической деятельности, однако его не следует недооценивать.

Использование промышленной радиографии на площадке относится к категории угрозы IV. Эта деятельность также приводила к серьезному ущербу здоровью или смерти. В 1992 году в Соединенном Королевстве специалист по промышленной радиографии умер, вероятно, в результате значительной дозы облучения (по крайней мере, 10 Гр) полученной за несколько лет [39]. Аварии также произошли во Франции в 1995 году [39], Иране в 1996 году [26], Перу в 1999 году [22] и Боливии в 2002 году [28]. Кроме того, произошло много аварий или инцидентов, связанных с облучением от бесхозных источников. Некоторые ранние аварии в Мексике в 1962 году [44], Алжире в 1978 году [45] и Марокко в 1984 году [46] показали, как источники для промышленной радиографии могут стать бесхозными источниками и привести к многократным смертельным случаям. Впоследствии были примеры, связанные с отраслями промышленности, занимающимися переработкой металлолома [46], и это привело к установке систем для проверки поступающего металлолома на радиоактивность. Бесхозные источники также становились причиной ущерба здоровью или смерти лиц из населения. Такие случаи имели место в Китае в 1992 году [39], Эстонии в 1994 году [18], Грузии в 1997 году [23], Стамбуле в 1998/9 годах [21] и Таиланде в 2000 году [25], наряду с прочими.

### **2.2.2. Выводы**

Эти уроки демонстрируют важность:

- разработки аварийных мероприятий, основанных на анализе безопасности, для категории угрозы III, а также категорий угрозы I и II, причем особую озабоченность вызывают промышленные облучательные установки, имеющиеся во многих государствах во всем мире;
- разработки аварийных мер для связанных с опасными бесхозными источниками аварийных ситуаций, которые могут возникать фактически где угодно; необходимости определения объектов, где могут быть обнаружены подобные источники, таких как промышленные предприятия, занимающиеся переработкой металлолома.

ТАБЛИЦА I. ПЯТЬ КАТЕГОРИЙ ЯДЕРНЫХ И СВЯЗАННЫХ С ИЗЛУЧЕНИЯМИ УГРОЗ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ТРЕБОВАНИЙ [1]

Категория угрозы <sup>6</sup>	Описание
I	Установки, такие, как АЭС, для которых события на площадке <sup>10</sup> (включая весьма маловероятные события) постулируются как могущие привести к серьезным детерминированным эффектам для здоровья <sup>11</sup> за пределами площадки или для которых такие события зафиксированы как произошедшие на аналогичных установках.
II	Установки, такие, как некоторые типы исследовательских реакторов, для которых события на площадке <sup>7</sup> постулируются как могущие привести к дозам облучения людей за пределами площадки, требующим принятия срочных защитных мер в соответствии с международными нормами <sup>12</sup> , или для которых такие события зафиксированы как произошедшие на аналогичных установках. Категория угрозы II (в противоположность категории угрозы I) не охватывает установки, для которых события на площадке (включая весьма маловероятные события) постулируются как могущие привести к серьезным детерминированным эффектам для здоровья за пределами площадки или для которых такие события зафиксированы как произошедшие на аналогичных установках.
III	Установки, такие, как промышленные облучательные установки, для которых события на площадке постулируются как могущие привести к дозам или радиоактивному загрязнению, которые требуют принятия срочных защитных мер на площадке, или для которых такие события зафиксированы как произошедшие на аналогичных установках. Категория угрозы III (в противоположность категории угрозы II) не охватывает установки, для которых события постулируются и которые могут требовать принятия срочных защитных мер за пределами площадки или для которых такие события зафиксированы как произошедшие на аналогичных установках.
IV	Деятельность, могущая привести к ядерной или радиологической аварийной ситуации, которая может требовать принятия срочных защитных мер в непредвиденном месте. Она включает неразрешенную деятельность, такую, как деятельность, связанную с опасными источниками, полученными незаконно. Она также включает транспортную и разрешенную деятельность, связанную с опасными мобильными источниками, такими, как источники промышленной радиографии или спутники с ядерной энергетической установкой или радиотермальные генераторы. Категория угрозы IV представляет минимальный уровень угрозы, который предполагается применять для всех государств и юрисдикций.
V	Деятельность, обычно не связанная с источниками ионизирующих излучений, но которая дает продукцию, со значительной вероятностью <sup>13</sup> могущую стать загрязненной в результате событий на установках, относящихся к категории угрозы I или II, включая такие установки в других государствах, до уровней, требующих немедленного введения ограничений на продукты в соответствии с международными нормами.

<sup>10</sup> Включая атмосферный или водный выброс радиоактивного материала или внешнее облучение (как, например, в результате потери защиты или события, связанного с критичностью), который происходит в каком-либо месте на площадке.

<sup>11</sup> Дозы выше тех, при которых предполагается проведение вмешательства при любых обстоятельствах; см. приложение II в [2]. См. "детерминированные эффекты" в глоссарии [7].

<sup>12</sup> Приложение III в [2].

<sup>13</sup> При возникновении значительного выброса радиоактивного материала с установки, относящейся к категории угрозы I или II.

### 3. ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ

#### 3.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Практические цели аварийного реагирования, как определено в публикации по требованиям безопасности [1], заключаются в том, чтобы:

- восстановить контроль над ситуацией;
- предотвратить или смягчить последствия на месте событий;
- предотвращать возникновение детерминированных эффектов, влияющих на здоровье работников и населения;
- оказывать первую медицинскую помощь и заниматься лечением лучевых поражений;
- предотвращать в той степени, в какой это практически осуществимо, возникновение стохастических эффектов у населения;
- предотвращать в той степени, в какой это практически осуществимо, возникновение нерадиологических эффектов у отдельных лиц и у населения;
- обеспечивать защиту в той степени, в какой это практически осуществимо, собственности и окружающей среды;
- осуществлять подготовку в той степени, в какой это практически осуществимо, к возобновлению нормальной социальной и хозяйственной деятельности.

Для достижения этих целей требования в отношении готовности применяются в качестве части процесса планирования и подготовки.

##### 3.1.1. Замечания

Замечания отсутствуют, за исключением того, что эти цели весьма разумны.

#### 3.2. ОРГАНИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ АВАРИЙНОЙ СИТУАЦИЕЙ И ОПЕРАЦИЙ

Главные требования в отношении организации управления аварийной ситуацией и операций, изложенные в публикации категории требований безопасности [1], касаются:

##### *Реагирования*

- выполнение аварийного реагирования на площадке оперативно и без нанесения ущерба непрерывному осуществлению функций эксплуатационной безопасности;
- эффективное управление реагированием за пределами площадки в координации с реагированием на площадке;

- координация реагирования между всеми организациями, осуществляющими реагирование;
- оценка информации, необходимой для принятия решений относительно распределения ресурсов, на протяжении всей аварийной ситуации.

### *Готовности*

- для установок, относящихся к категории угрозы I, II или III, четкое определение перехода от нормального к аварийному режиму эксплуатации, включая указание обязанностей лиц, находящихся на площадке;
- для установок, относящихся к категории угрозы I или II, меры по координации реагирования всех организаций, осуществляющих реагирование за пределами площадки, с реагированием на площадке;
- меры по интеграции реагирования на национальном и местном уровне с мерами реагирования на обычные аварийные ситуации;
- мероприятия в отношении командно-контрольной системы, включая меры, касающиеся:
  - координации деятельности;
  - разработки стратегий;
  - разрешения споров;
  - механизмов получения и оценки информации;
- для установок, относящихся к категории угрозы I или II, меры по координации реагирования между организациями и юрисдикциями, осуществляющими реагирование, которые попадают в зону предупредительных мер (ЗПМ) или зону планирования срочных защитных мер<sup>14</sup> (ЗПСМ).

### **3.2.1. Замечания**

Действия многих руководителей, организовавших первоначальное реагирование, оказывались неэффективными, поскольку они не обучались в условиях реальных аварийных ситуаций, а система реагирования не была рассчитана на серьезные аварийные ситуации (такие как авария на ТМІ, на Чернобыльской АЭС). Эти руководители были подавлены и запутаны напряженной обстановкой, занимались

---

<sup>14</sup> Зона предупредительных мер (ЗПМ) – это зона вокруг установки, в отношении которой проводятся мероприятия для осуществления срочных защитных мер в случае ядерной или радиологической аварийной ситуации с целью снижения риска появления тяжелых детерминированных эффектов за пределами площадки. Защитные меры в пределах этой зоны должны приниматься до или вскоре после выброса радиоактивного материала или облучения на основе обстановки, создавшейся на установке. Зона планирования срочных защитных мер (ЗПСМ) – это зона вокруг установки, в отношении которой проводятся мероприятия, направленные на осуществление срочных защитных мер в случае ядерной или радиологической аварийной ситуации, с целью предотвратить получение доз за пределами площадки в соответствии с международными нормами безопасности. Защитные меры в пределах этой зоны должны выполняться на основе мониторинга окружающей среды или – в надлежащих случаях – с учетом обстановки, создавшейся на установке.

решением задач своих подчиненных, а не своих собственных организаторских задач, им приходилось менять места нахождения в критические периоды времени, у них отсутствовала телефонная связь из-за перегрузки линий связи и они были не в состоянии понять истинный характер и серьезность аварийных ситуаций [9, 10, 47].

В ходе реагирования на аварийные ситуации [47, 48] старшие должностные лица/руководители вносили сумятицу, разрабатывая спонтанные планы, поскольку они не были информированы о планах и процедурах, разработанных их организациями. Весьма часто старшие руководители и лица, принимающие решения, не понимали необходимости их участия в обучении и с целью определения их роли в аварийных ситуациях.

Сразу же после возникновения аварийной ситуации на ТМІ многие сотрудники станции стали прибывать с докладами в помещение щита управления, что создавало значительные помехи усилиям операторов, направленным на то, чтобы понять суть аварийной ситуации и восстановить контроль. Причиной того, что сотрудники направлялись в помещение щита управления, было то, что они всегда поступали подобным образом в случае возникновения проблемы.

Примером эффективных действий в рамках разработанных командно-контрольных мероприятий в этом отношении было реагирование на инцидент с полонием-210 в Лондоне. Этот сценарий был беспрецедентным; однако система аварийного реагирования Соединенного Королевства, в которой были четко определены командно-контрольные меры реагирования ряда учреждений (независимо от природы инцидента), наряду с опытом многих ядерных и контртеррористических учений, обеспечила прочную основу для эффективного и действенного реагирования [33].

### **3.2.2. Выводы**

Эти уроки демонстрируют важность:

- организации мероприятий по аварийному реагированию заблаговременно и в соответствии с категорией угрозы;
- разъяснения ролей и обязанностей тех, кто будет принимать участие в реагировании на аварийную ситуацию, включая лиц, участвующих в организации реагирования или управлении им;
- скорейшего объединения в одном месте руководства реагированием, осуществляемого национальными компетентными органами, с руководством со стороны других организаций, осуществляющих реагирование, в идеальном случае вблизи места возникновения аварийной ситуации;
- признания всеми, кто участвует в реагировании, того факта, что меры, применяемые в нормальных ситуациях, не обязательно применимы в аварийной ситуации.

### 3.3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СИТУАЦИИ, ОПОВЕЩЕНИЕ И НАЧАЛО ДЕЙСТВИЙ

Главные требования в отношении определения ситуации, оповещения и начала действий, изложенные в публикации категории требований безопасности [1], касаются:

#### *Реагирования*

- оперативное определение операторами надлежащего класса или уровня реагирования и инициирование мер на площадке; оповещение и предоставление обновленной информации в пункт оповещения за пределами площадки;
- оперативное оповещение пунктом оповещения за пределами площадки всех надлежащих организаций, осуществляющих реагирование за пределами площадки, и быстрое инициирование организациями, осуществляющими реагирование за пределами площадки, надлежащего заранее спланированного реагирования;
- оперативное инициирование мер по получении оповещения от другого государства;
- в случае транснациональной аварийной ситуации, немедленное оповещение тех государств, которые могут подвергнуться воздействию.

#### *Готовности*

- создание постоянно действующих пунктов оповещения для получения аварийных оповещений;
- в юрисдикциях, в которой существует значительная вероятность того, что опасный источник будет утерян или изъят иным образом, меры для обеспечения того, чтобы руководителям на площадке и местным должностным лицам было известно о признаках потенциальной аварийной ситуации и мерах, которые требуются в случае, если есть основания предполагать наличие аварийной ситуации;
- меры для обеспечения того, чтобы лицам, принимающим первые ответные меры, были известны: назначение знака радиационной опасности в виде трилистника и этикеток и предупредительных знаков «опасные грузы», а также их важность; симптомы, указывающие на необходимость проведения оценки для определения возможности возникновения аварийной ситуации; и необходимость соответствующего оповещения и принятия других немедленных мер, которые требуются в случае, если есть основания предполагать наличие аварийной ситуации;
- для операторов установки или практической деятельности, относящейся к категории угрозы I, II, III или IV, меры для оперативного определения фактической или потенциальной радиационной аварийной ситуации и определения соответствующего уровня реагирования. Это требует системы классификации всех потенциальных аварийных ситуаций на основе заранее определенных уровней действий в аварийной ситуации;

- для установок, относящихся к категории угрозы I или II, указание пункта оповещения за пределами площадки, который должен быть постоянно доступен;
- для установок или практической деятельности, относящихся к категории угрозы I, II, III или IV, назначение лица, постоянно находящегося на площадке, которое наделено полномочиями и обязанностями: классифицировать аварийную ситуацию и после выполнения классификации оперативно начинать осуществление надлежащих мер по реагированию на площадке; оповещать соответствующий пункт оповещения за пределами площадки; и предоставлять достаточную информацию для эффективного реагирования за пределами площадки. Это лицо должно быть обеспечено подходящими средствами для предупреждения персонала, осуществляющего реагирование на площадке, об опасности и для передачи оповещения в пункт оповещения за пределами площадки;
- меры, осуществляемые операторами установки или практической деятельности, относящейся к категории угрозы I, II, III или IV, с целью обеспечения принятия надлежащих мер с целью оперативного получения соответствующей информации и сообщения этой информации ответственным компетентным органам;
- оперативное начало осуществления реагирования после объявления конкретного класса аварийной ситуации на установке или в практической деятельности, относящейся к категории угрозы I, II, III или IV, и определение обязанностей и начальных мер реагирования всех организаций, осуществляющих реагирование;
- для установок, относящихся к категории угрозы I или II, демонстрация, посредством проведения оценки угрозы, того, что определение ситуации, оповещение, начало осуществления мер и осуществление других начальных мер по реагированию могут выполняться своевременно;
- меры в отношении организаций, осуществляющих реагирование, с тем чтобы имелся достаточный персонал для выполнения предписанных им начальных мер по реагированию;
- меры по обеспечению реагирования на аварийные ситуации, детальные планы для которых не могли быть сформулированы заблаговременно;
- информирование МАГАТЭ и других государств о пункте связи;
- меры по оповещению государств, которые могут подвергнуться воздействию в случае трансграничной аварийной ситуации;
- меры по оповещению любого государства, в котором следует принять срочные защитные меры.

### 3.3.1. Замечания

Даже несмотря на наличие бесспорных признаков, операторы установки первоначально не осознавали тяжести ядерных аварийных ситуаций на ТМІ и на Чернобыльской АЭС [9, 37, 49]. Эти ошибки были обусловлены тем, что при обучении этих операторов не рассматривались тяжелые аварии и что в имевшихся процедурах отсутствовали заранее определенные критерии, позволяющие классифицировать события и определить реагирование. Серьезные аварийные ситуации не рассматривались, поскольку персонал полагал, что их возникновение немыслимо, даже несмотря на то, что они теоретически допускались в рамках обоснованного научного анализа.

Замешательство операторов в ходе аварий на ТМІ и на Чернобыльской АЭС усугубило их серьезность, поскольку операторы не предпринимали надлежащих действий на ранней стадии. Так, в случае аварии на ТМІ операторы, даже при наличии бесспорных признаков расплавления активной зоны, пытались получить подтверждение того, что они предпринимали правильные действия, направленные на смягчение ситуации, полагаясь на единственный прибор, показания которого, как оказалось, были неверными в условиях аварийной ситуации [9, 37].

Тяжесть ряда радиологических аварийных ситуаций, связанных с опасными бесхозными источниками, возросла ввиду того, что сборщики металлолома не понимали значение знака радиационной опасности – трилистника. Строго говоря, цель этого знака – указать на присутствие радиации, а не на серьезную опасность. Однако он стал широко признанным символом радиационной опасности, хотя опыт этих аварий ясно показывает, что это признание не является всеобщим [21, 25, 50].

В ряде случаев эти аварийные ситуации были выявлены врачами, диагностировавшими повреждения как вызванные радиацией. Однако эти диагнозы зачастую ставились с задержками, поскольку врачи не были знакомы с симптомами облучения [13].

Во время инцидента с полонием-210 в Лондоне была признана возможность того, что симптомы, наблюдавшиеся у пациента, связаны с его облучением. Однако не были признаны ограничения мер, предпринятых с целью проверки этого возможного диагноза. В основном, первоначальные тесты были основаны на выполнении измерений мощности дозы и степени радиоактивного загрязнения организма пациента и окружающей среды. К сожалению, альфа-излучатели встречаются в больницах нечасто, и использованные приборы не были способны обнаружить альфа-излучение полония-210 [33].

Во многих авариях, особенно относящихся к категориям угрозы III и IV, отсутствие соответствующей подготовки или неумение эффективно применить ее является как непосредственной причиной аварии, так и причиной того, почему ее возникновение не было быстро признано. Примером этого является авария на облучательной установке в Сан-Сальвадоре [14]. В ходе этой аварии работники, не имевшие подготовки, подверглись значительному облучению, пытаясь освободить

заклинивший держатель источников, и даже несмотря на то, что эти работники попали в больницу с признаками острой лучевой болезни, значимость этого события не была понята. И действительно, лишь после еще одной аварии было признано, что существует проблема.

Как только выявлен факт возникновения аварийной ситуации, должна быть задействована хорошо известная и доступная процедура оповещения и осуществления надлежащего реагирования. Опыт показал, что меры борьбы с аварийными ситуациями вне ядерного сектора, создающими угрозу населению, хотя они и в равной мере необходимы, зачастую оказываются менее устойчивыми к ошибкам. Во время аварии в Гоянии [13] было недостаточно ясно, как сообщить об аварии местным компетентным органам, с тем чтобы немедленно приступить к принятию мер на месте. После возникновения события, на местном уровне предпринимались меры по передаче информации на национальный уровень и впоследствии – реагирование на национальном уровне. Однако на каждом этапе было необходимо импровизировать, поскольку не были разработаны четкие планы аварийного реагирования в такой ситуации. Можно было адаптировать элементы реагирования из планов борьбы с ядерными авариями, но при эффективном развертывании необходимых ресурсов неизбежно возникали определенные задержки.

Во время инцидента с полонием-210 в Лондоне в него оказалось вовлечено, помимо жителей Соединенного Королевства, большое число потенциально облученных полонием-210 зарубежных гостей, которые проживали в одной из гостиниц или в других местах, связанных с этим инцидентом, или посещали их. Необходимо было выявить всех этих людей. С целью решения этой проблемы Агентство по здравоохранению (НРА) учредило Консультативную группу для зарубежных стран (ОАТ) [33]. Такая группа ранее не была частью плана аварийных мероприятий НРА, но теперь стало ясно, что в любой чрезвычайной ситуации в большом городе могут пострадать зарубежные гости, и в планах необходимо учитывать это.

Действуя совместно с министерством иностранных дел и по делам Содружества Соединенного Королевства (FCO), ОАТ НРА проводила брифинги для представителей посольств и представительств в Лондоне. Поскольку было установлено, что для некоторых зарубежных гостей существует возможность поступления полония-210 в организм, были предприняты попытки выявить этих лиц по дипломатическим каналам и через органы здравоохранения. В общей сложности было выявлено 664 человека из 52 стран, но при их определении и получении информации возник ряд проблем:

- с самого начала было ясно, что информация, направляемая по дипломатическим каналам, не обязательно достигает соответствующей организации в стране;
- это привело к попыткам связаться с соответствующими национальными организациями через службы радиационной защиты или здравоохранения. Это также оказалось сложной и трудоёмкой задачей;
- на ранней стадии инцидента МАГАТЭ было официально оповещено о нем в соответствии с требованиями Конвенции об оперативном оповещении о ядерной аварии [51]. Однако национальное использование мероприятий МАГАТЭ по установлению контактов в аварийных ситуациях началось только после возникновения вышеупомянутых проблем с контактами. В ретроспективе было бы желательнее более раннее использование этой службы МАГАТЭ.

Даже в тех случаях, когда могли быть установлены контакты и передана информация относительно тестов, рассматриваемых как необходимые, поступление сведений о результатах было нерегулярным. В целом были получены результаты относительно менее чем 25% от общего числа первоначально выявленных лиц. В некоторых случаях указывалось, что информирование о результатах не было возможным ввиду законодательства о защите данных или проблем конфиденциальности медицинских данных. Полученные результаты соответствовали профилю картины оценки риска, полученной в процессе индивидуального дозиметрического контроля и мониторинга радиоактивности окружающей среды. Однако ясно, что отсутствие согласованного информирования на международном уровне может стать проблемой при аварийном реагировании в будущем.

Число пациентов, получивших серьезное переоблучение при прохождении курса лучевой терапии, можно было бы уменьшить благодаря раннему обнаружению аварий. Например, в случае аварии в Коста-Рике, несмотря на то, что у технических специалистов возникли сомнения, почему продолжительность лечебных процедур с новым радиоактивным источником оставалась такой же, как со старым, данный вопрос был оставлен без внимания [20]. Проблема выявилась только приблизительно через месяц, когда врач пришел к выводу, что реакция у его пациентов оказалась большей, чем обычно ожидаемая.

В соответствии с Конвенцией об оперативном оповещении о ядерной аварии [51] государства-участники берут обязательство о том, что в случае ядерной аварии, которая может иметь трансграничные радиологические последствия, они оповестят страны, которые могут подвергнуться воздействию, и МАГАТЭ. Однако документ по требованиям безопасности [1] идет далее в этом отношении: в нем требуется, чтобы в случае трансграничной (или транснациональной) аварийной ситуации<sup>15</sup> государства напрямую или через МАГАТЭ оповещали те государства, которые могут подвергнуться воздействию. Реагирование государств на предупреждения о транснациональных аварийных ситуациях, поступающие из Центра МАГАТЭ по инцидентам и аварийным ситуациям, происходило с задержками, поскольку государствами не был определен пункт предупреждений, они не имели доступа к

---

<sup>15</sup> Трансграничная аварийная ситуация определяется как ядерная или радиологическая аварийная ситуация, имеющая реальную, потенциальную или воспринимаемую радиологическую значимость для более чем одного государства, и включает:

- (1) значительный трансграничный выброс радиоактивного материала;
- (2) общую аварийную ситуацию на установке или другое событие, которое может привести к значительному трансграничному выбросу (атмосферному или водному) радиоактивного материала;
- (3) обнаружение потери или незаконного перемещения опасного источника, который был перевезен или в отношении которого имеется подозрение, что он был перевезен через государственную границу;
- (4) аварийную ситуацию, приведшую к серьезному нарушению правил международной торговли или международных поездок;
- (5) аварийную ситуацию, требующую осуществления защитных мер в отношении иностранных граждан или посольств в государстве, в котором она возникает;
- (6) аварийную ситуацию, приводящую или потенциально могущую привести к серьезным детерминированным эффектам и связанную с неисправностью и/или проблемой (например, в отношении оборудования или программного обеспечения), которые могут иметь серьезные последствия для безопасности в международном масштабе;
- (7) аварийную ситуацию, приводящую или потенциально способную привести к возникновению значительной озабоченности населения более чем одного государства по поводу реальной или ощущаемой радиологической опасности.

оператору, говорящему по-английски, или не контролировали либо не обеспечивали на постоянной основе работоспособность телефаксов, используемых для получения этих предупреждений.

### 3.3.2. Выводы

Эти уроки демонстрируют важность:

- разработки эксплуатационных процедур для установок, относящихся к категориям угрозы I, II и III, в качестве руководства для операторов при распознавании всех последовательностей развития аварий, указанных в анализе безопасности, включая последовательности событий с низкой вероятностью возникновения;
- информирования работников отрасли по вторичной переработке металлов о знаке радиационной опасности – трилистнике и об устройствах, содержащих опасные источники, а также о необходимости контроля присутствия радиоактивного материала в поступающем металлоломе и различных потоках продукции;
- разработки руководящих материалов для врачей по распознаванию лучевых поражений;
- того, чтобы лицам, осуществляющим лечение пациентов методами лучевой терапии, и, в других ситуациях, когда пациенты могут получать высокие дозы облучения, например, при процедурах интервенционной радиологии, рекомендовалось действовать на основе критической позиции, при которой любое неожиданное событие надлежащим образом анализируется;
- разработки и оказания поддержки государствами мерам по немедленному оповещению МАГАТЭ и любых потенциально подвергающихся воздействию государств в случае радиационной аварийной ситуации, имеющей трансграничные последствия, и обеспечению их готовности к реагированию на такое оповещение от другого государства в соответствии с процедурами МАГАТЭ [52].

### 3.4. ОСУЩЕСТВЛЕНИЕ СМЯГЧАЮЩИХ МЕР

Главные требования в отношении осуществления смягчающих мер, изложенные в публикации категории требований безопасности [1], касаются:

#### *Реагирования*

- минимизация лицами, принимающими первые ответные меры, последствий аварийной ситуации, относящейся к категории угрозы IV;
- минимизация оператором установки или практической деятельности, относящейся к категории угрозы I, II, III или IV, последствий аварийной ситуации;

- предоставление аварийными службами поддержки реагированию на установках, относящихся к категории угрозы I, II или III.

#### *Готовности*

- мероприятия по предоставлению экспертных знаний и услуг в области радиационной защиты местным должностным лицам и лицам, принимающим первые ответные меры, в случае аварийной ситуации, относящейся к категории угрозы IV, и по предоставлению лицам, принимающим первые ответные меры, руководящих материалов по реагированию на связанные с перевозками аварийные ситуации и на предполагаемый незаконный оборот;
- для оператора практической деятельности, относящейся к категории угрозы IV, предоставление основных инструкций по средствам смягчения возможных последствий аварийных ситуаций и защите работников и населения;
- для оператора практической деятельности с применением опасного источника, меры по реагированию на аварийную ситуацию, связанную с источником, включая оперативное установление связи со специалистом по оценке радиационной обстановки или специалистом по радиационной защите;
- меры по организации немедленного поиска и распространению предупреждения в случае утери опасного источника;
- для операторов установок, относящихся к категории угрозы I, II или III, положения об осуществлении смягчающих мер с целью предотвращения эскалации угрозы, возвращения в безопасное и стабильное состояние, снижения возможности выброса радиоактивного материала или облучения и смягчения последствий любых фактических выбросов или облучений;
- также для этих категорий угрозы: меры по предоставлению технической помощи эксплуатационному персоналу, по обеспечению готовности групп по смягчению последствий, по размещению оборудования, по обеспечению наличия персонала, руководящего осуществлением смягчающих мер, по получению оперативной поддержки от полиции, медицинской и противопожарной служб за пределами площадки и по доступу к установке персонала поддержки за пределами площадки и предоставлению ему информации.

#### **3.4.1. Замечания**

По своей природе аварийные ситуации требуют оперативного реагирования. Поэтому важно раннее признание того, что определенное событие произошло, и этот вопрос рассмотрен в предыдущем подразделе. Однако оказывалось, что во время многих из рассмотренных аварийных ситуаций меры не предпринимались так оперативно, как это было необходимо, даже несмотря на понимание того, что эти ситуации возникли. В некоторых случаях персонал на установке не был готов к

выполнению предписанных функций в аварийной ситуации ввиду наличия опасных условий (например, высоких уровней радиации или высоких температур). В других случаях были неэффективны процедуры и обучение, поскольку в них не учитывались все вероятные аварийные ситуации, они могли использоваться лишь после того, как были выявлены основные причины событий [37, 49, 53, 54], или в них не учитывались особенности работы систем или контрольно-измерительной аппаратуры в условиях аварийной ситуации [30, 55]. Эти связанные с процедурами и обучением недостатки проявлялись даже несмотря на то, что условия высокой опасности были логическим следствием постулируемых аварийных ситуаций [49, 54].

В ходе некоторых аварийных ситуаций на установках помощь от организаций за пределами площадки поступала с задержками, поскольку отсутствовали положения по предоставлению им оперативного доступа, информация относительно того, что можно ожидать по прибытии, или относительно мер предосторожности радиационного характера, которые надлежит предпринять. Например, в первые несколько часов аварии на Чернобыльской АЭС в осуществлении противоаварийных мероприятий участвовали многие местные пожарные. Однако у них не имелось достаточной подготовки и надлежащей индивидуальной защиты, что стало одной из причин получения ими высоких доз облучения.

#### **3.4.2. Выводы**

Эти уроки демонстрируют важность:

- скорейшего осуществления смягчающих мер после определения ситуации возникновения события, поскольку задержка может усугубить последствия;
- наличия мер, посредством которых операторы установки и лица, осуществляющие деятельность с использованием опасных мобильных источников (категория угрозы IV), могут оперативно предпринимать смягчающие меры;
- учета в аварийных мерах фактических условий, например, зон с высокими уровнями излучения, которые могут повлиять на функциональные возможности осуществления аварийных мер и выполнение аварийных процедур;
- учета в аварийных мерах информации и требований к ресурсам любых учреждений за пределами площадки, обеспечивающих аварийную помощь на площадке, и необходимости установления оперативного контакта с ними и получения ими безотлагательного доступа к площадке.

#### **3.5. ПРИНЯТИЕ СРОЧНЫХ ЗАЩИТНЫХ МЕР**

Главные требования в отношении принятия срочных защитных мер, изложенные в публикации категории требований безопасности [1], касаются:

##### *Реагирования*

- необходимость спасения жизни людей;

- необходимость предотвращения серьезных детерминированных эффектов и предотвращения доз облучения;
- необходимость внесения изменений в защитные меры по мере поступления информации;
- прекращение осуществления защитной меры, когда более нет оснований для ее продолжения.

#### *Готовности*

- установление оптимизированных национальных уровней вмешательства;
- принятие национальных руководящих принципов, регламентирующих прекращение применения срочных защитных мер;
- предоставление лицам, принимающим первые ответные меры, информации о настоящей необходимости спасения жизни людей и предотвращения серьезного ущерба здоровью;
- в случае установок, относящихся к категории угрозы I или II, меры в отношении принятия и осуществления решений относительно мер, предпринимаемых за пределами площадки.
- распоряжения для должностных лиц за пределами площадки относительно оперативного принятия решений о защитных мерах;
- мероприятия, обеспечивающие немедленное принятие юрисдикциями в пределах ЗПМ и/или ЗПСМ срочных мер;
- для оператора установки, относящейся к категории угрозы I, II или III, меры по обеспечению безопасности лиц на площадке;
- для оператора установки, относящейся к категории угрозы I, II или III, меры по обеспечению наличия необходимых средств связи.

#### **3.5.1. Замечания**

Согласно определению, установки, относящиеся к категориям угрозы I и II – это такие установки, на которых события на площадке постулируются как способные приводить к дозам облучения людей за пределами площадки, требующим принятия срочных защитных мер. К срочным защитным мерам относятся: эвакуация, предоставление надежного укрытия, йодное блокирование щитовидной железы и ограничение потребления пищевых продуктов и воды, которые могут подвергнуться радиоактивному загрязнению. В частности, авария на Чернобыльской АЭС потребовала введения срочных мер за пределами площадки [10]. Авария на ТМІ могла привести к значительным дозам облучения за пределами площадки, если бы защитная оболочка не обеспечила удержание радиоактивного материала, высвободившегося вследствие расплавления активной зоны. В ходе этого события была предпринята предупредительная эвакуация ряда лиц [9]. Предупредительная эвакуация местного населения была также предпринята во время аварии в Токаймура [12].

Некоторые местные должностные лица с неохотой отдавали приказы об эвакуации, поскольку они ошибочно полагали, что это вызовет панику и многочисленные дорожно-транспортные аварии с жертвами. Однако результаты почти пятидесяти лет исследований [56, 57, 58] основных эвакуаций (включая эвакуации в связи с серьезными радиационными аварийными ситуациями, выбросами ядовитых химикатов, обнаружением невзорвавшейся бомбы времен Второй мировой войны и ураганами) показывают, что эвакуации являются относительно обычным делом и могут быть проведены без паники и повышенного риска возникновения дорожно-транспортных аварий с жертвами [57, 59-61]. Опыт эвакуаций, проведенных в связи с ураганами «Катрина» и «Рита», в ходе которых пострадали большие группы населения, показал важность внимательного управления соответствующими транспортными потоками и предоставления необходимых транспортных средств [62].

Во время аварии на ТМІ, спустя два дня после расплавления активной зоны беременным женщинам и детям дошкольного возраста было рекомендовано покинуть зону радиусом 5 миль [63]. Было эвакуировано приблизительно в десять раз больше людей, чем число тех, которому было конкретно рекомендовано сделать это [56, 64, 65, 66]. В значительной мере это стало следствием вводящей в заблуждение и противоречивой информации о серьезности аварии, а также ожиданий дальнейшей эвакуации впоследствии. Во время аварии на ТМІ защитные меры были нацелены на определенную подгруппу населения (то есть, беременных женщин и дошкольников). Однако компетентные органы не объяснили, что беременных женщин эвакуировали с целью защиты будущего ребенка. Как следствие, также стремились эвакуироваться женщины детородного возраста и семьи с младенцами [67].

Предупредительные меры во время аварии на ТМІ ни в коем случае не были полными. Если бы произошел отказ защитной оболочки, то его следствием стало бы значительное облучение лиц из населения. Высокие уровни излучения внутри защитной оболочки должны были указать на необходимость принятия более существенных предупредительных мер. В результате проведенного Комиссией по ядерному урегулированию (КЯР) расследования выяснилось, что было целесообразно рекомендовать предупредительную эвакуацию приблизительно во время процесса повреждения активной зоны, поскольку 'здание защитной оболочки ... заполнялось высокорadioактивным газом и парами, так что защиту проживающего вблизи населения обеспечивал только один оставшийся барьер - защитная оболочка - барьер с известным уровнем утечек, для возникновения утечек через который было необходимо только внутреннее давление' [66]. Однако власти не определили надлежащим образом зоны риска за пределами площадки до возникновения аварии. Поэтому у них возникли трудности при определении расстояния от станции, в пределах которого следует проводить эвакуацию. Такая неуверенность со стороны властей стала очевидной для населения, и именно это подорвало доверие общественности к компетентности властей и тем самым сделало местных жителей менее склонными доверять рекомендациям властей в отношении защитных мер.

Исследования и опыт также показывают, что выбросы в атмосферу во время серьезных аварийных ситуаций на установках, относящихся к категориям угрозы I и II, непредсказуемы [68]. Они могут происходить по неконтролируемым путям выбросов и могут начинаться в течение минут после повреждения активной зоны. Поэтому операторы установки не могут с уверенностью прогнозировать возникновение крупного выброса радиоактивного материала, величину и продолжительность любого такого выброса или его радиологические последствия [68]. Однако исследования также показывают, что принятие предупредительных защитных мер (таких как эвакуация, существенное укрытие, иодное блокирование щитовидной железы и ограничение потребления пищевых продуктов и воды, которые могут быть загрязнены) сразу же после обнаружения условий на установке, которые способны привести к повреждению топлива (его обнажению), позволяет значительно уменьшить последствия за пределами площадки [35, 68]. Эти предупредительные защитные меры должны сопровождаться оперативным дозиметрическим контролем после выброса и дальнейшим выполнением срочных защитных мер на основе результатов этого контроля. Эвакуация оказалась наиболее эффективной защитной мерой для защиты лиц, находящихся вблизи установки, в том случае, если ее удастся осуществить относительно быстро.

Укрытие в зданиях – это интересная защитная мера, поскольку она позволяет снизить риск для людей и избежать нестабильностей, связанных с эвакуацией. Однако эффективность укрытия в плане защиты от аэрозольного выброса радиоактивного материала неодинакова и зависит от конструкции зданий. Вообще говоря, существенную защиту обеспечивают только большие здания каменной кладки и специально подготовленные укрытия. Для того, чтобы она была эффективной, также требуется, чтобы лица, находящиеся в помещении, герметизировали его и отключили все системы вентиляции до прибытия шлейфа выброса, а также как можно скорее проветрили помещения после прохождения шлейфа. Однако имеются определенные подтверждения того, что люди не верят в эффективность укрытий [59, 69]. Другие исследования показывают, что по крайней мере 50% лиц, которым было рекомендовано воспользоваться укрытием на месте во время ядовитого химического выброса, предпочли этому эвакуацию [70].

Использование стабильного йода может существенно уменьшить дозу на щитовидную железу от радиоактивного йода в том случае, если он принимается до или вскоре после поступления в организм радиоактивного йода [71]. Во время аварии на Чернобыльской АС польские власти раздали населению 17,5 миллионов доз стабильного йода, причем серьезные краткосрочные побочные эффекты были отмечены только у двух взрослых с известной чувствительностью к йоду [72]. На совместном техническом совещании МАГАТЭ/ВОЗ, проведенном в сентябре 2001 года, был сделан вывод, что «введение стабильного йода населению - это эффективная ранняя мера защиты щитовидной железы с целью предотвращения детерминированных эффектов и сведения к минимуму стохастических эффектов для лиц любого возраста. Однако оно предназначено прежде всего для защиты детей и эмбриона или плода» [1, дополнение к приложению III].

Случаи радиационно-индуцированного рака щитовидной железы, зафиксированные после аварии на Чернобыльской АЭС, были следствием доз внутреннего облучения при потреблении молока и листовых овощей, загрязненных йодом-131. Подавляющее большинство этих случаев радиационно-индуцированного рака отмечалось у лиц, проживавших во время аварии на расстояниях более 50 км от станции; повышенные уровни заболевания раком были обнаружены также у лиц, проживавших на расстояниях более 300 км от станции [73]. Эти случаи радиационно-индуцированного рака, возможно, удалось бы предотвратить, если бы власти проинструктировали людей не пить молоко, пока не будет установлено, что его запасы свободны от радиоактивного загрязнения йодом-131. В качестве варианта, людям можно было давать препараты стабильного йода перед употреблением в пищу загрязненного молока. Однако при таком подходе потребовалось бы, чтобы у властей имелись в наличии миллионы доз препаратов стабильного йода и чтобы была организована их оперативная раздача лицам, проживающим в загрязненной зоне. Кроме того, властям необходимо было бы убедить население в безопасности стабильного йода.

Весьма трудно, если не сказать невозможно, давать оперативные прогнозы воздействия за пределами площадки серьезного атмосферного выброса в качестве основы для осуществления срочных защитных мер после аварии на установке, относящейся к категории угрозы I или II [9, 19, 49]. Причина этого заключается не только в ограниченности имеющихся данных, но также и в том, что испытания [74] и опыт [9, 37, 55] показали, что компьютерные прогнозы доз не могут явиться достаточно своевременной или точной основой для принятия на ранней стадии защитных мер в зонах вблизи установки. Однако контрольно-измерительная аппаратура, используемая на установках, относящихся к категориям угрозы I и II, способна в большинстве случаев своевременно обнаруживать возникновение условий тяжелой аварии на установке, что позволяет операторам дать предупреждающее сообщение о необходимости начать осуществление защитных мер до или вскоре после выброса [37, 49, 54, 75]. Однако защитные меры не могут быть предприняты быстро, если в планах аварийных мероприятий отсутствуют системы для оперативного принятия решений, обеспечивающие координацию с организациями за пределами площадки [76].

В случае возникновения на установке аварийной ситуации оперативное обнаружение высоких уровней излучения (например, с помощью сигнализаторов радиации/критичности) и немедленная эвакуация в соответствии с заранее проведенным обучением позволяли спасти жизни людей [77]. Иногда требуется немедленное проведение поисково-спасательных операций на площадке. Такие операции проводились в весьма опасных условиях, в то время как остальная часть персонала установки проводила другие аварийные операции. Аварийно-спасательные работы, как правило, проводятся близлежащими организациями [58] и могут отвлекать внимание и усилия от решения других задач аварийного реагирования, если они не были включены в план реагирования [56].

### 3.5.2. Выводы

Эти уроки демонстрируют важность:

- принятия во время аварийной ситуации оперативных мер с целью предотвращения получения населением высоких доз, что в свою очередь, позволяет избежать высоких расходов на лечение (например, в связи с радиационно-индуцированными повреждениями или раком щитовидной железы), которое может быть необходимым в иных случаях;
- для установок, относящихся к категориям угрозы I и II, принятия мер на основе условий на станции, а не прогнозов доз, сформированных с использованием данных атмосферного выброса или дозиметрического контроля окружающей среды;
- заблаговременной разработки критериев для принятия мер по защите населения для установок, относящихся к категориям угрозы I и II и для деятельности, относящейся к категории угрозы IV, что позволяет избежать принятия непродуманных решений;
- координации планов аварийных мероприятий, содержащие эти критерии для срочных защитных мер, со всеми компетентными органами, принимающими участие в реагировании на аварийную ситуацию.

Эти уроки также показывают, что:

- обеспокоенность по поводу возможной паники и рисков дорожно-транспортных происшествий не должна препятствовать организации соответствующими учреждениями эвакуации с целью защиты населения;
- необходимо оперативно организовывать введение стабильного йода с целью эффективного предотвращения усвоения радиоактивного йода щитовидной железой, однако в тех случаях, когда соответствующие группы населения многочисленны, могут возникнуть серьезные логистические проблемы;
- предпочтительными защитными мерами при обнаружении серьезной аварийной ситуации (аварийной ситуации общего характера), относящейся к категории угрозы I или II, являются своевременная эвакуация, йодное блокирование щитовидной железы и ограничение потребления пищевых продуктов и воды, которые могут быть загрязнены, с последующим незамедлительным оперативным дозиметрическим контролем и принятием дальнейших срочных защитных мер после выброса. Эти меры позволяют значительно уменьшить последствия за пределами площадки [35, 68]. Однако если эвакуация не может быть осуществлена быстро, укрытие также является возможной контрмерой, которую следует использовать осторожно, с учетом характера аварийной ситуации и конструкции зданий. Использование укрытий, если оно применяется, может быть лишь временной мерой;

- стратегия защитных мер, подлежащая осуществлению в случае аварийной ситуации, должна быть определена заранее после рассмотрения характеристик площадки и установки и на основе понимания эффективности различных защитных мер. Для установок, относящихся к категории угрозы I, таких, как ядерные реакторы большой мощности или установки, содержащие большие количества отработавшего топлива, эффективная стратегия реагирования в случае аварийной ситуации, связанной с повреждением активной зоны или топлива в бассейне для отработавшего топлива, может включать:
  - принятие предупредительных защитных мер в примыкающей зоне (3-5 км)<sup>16</sup> сразу же после обнаружения на установке условий, способных привести к повреждению активной зоны или отработавшего топлива, не ожидая дозовых прогнозов (которые слишком медленны и неопределенны);
  - оперативное (в течение часов) проведение дозиметрического контроля и организацию осуществления надлежащих срочных защитных мер (например, эвакуации) в зоне радиусом порядка 30 км<sup>17</sup> от реактора большой мощности;
  - немедленное прекращение потребления местных продуктов<sup>18</sup>, молока животных, пасущихся на загрязненных территориях, или дождевой воды на расстояниях до 300 км<sup>19</sup> до тех пор, пока не будут произведены отбор и анализ проб;
  - в течение нескольких дней, проведение дозиметрического контроля выпадений на почве и организацию осуществления ранних защитных мер (например, переселения) в зоне радиусом приблизительно 250-300 км;
- обеспечение оперативного (в течение часа после того, как превышены заранее определенные критерии) принятия решений относительно предупредительных и срочных защитных мер и последующего оповещения населения представляется весьма важным для уменьшения вероятности воздействия излучения на здоровье населения в случае серьезной аварийной ситуации [35, 68];
- хотя основное внимание во время аварийной ситуации уделяется мерам, предпринимаемым с целью смягчения ее последствий, необходимы также критерии для определения того, когда осуществление защитных мер может быть прекращено. Лица, которые были эвакуированы, будут, естественно, стремиться возвратиться в свои дома и вернуться к нормальной жизни.

<sup>16</sup> Данная зона называется зоной предупредительных мер (ЗПМ).

<sup>17</sup> Данная зона называется зоной планирования срочных защитных мер (ЗПСМ).

<sup>18</sup> Местными продуктами являются пищевые продукты, выращиваемые под открытым небом, которые могут быть непосредственно загрязнены в результате выброса и которые потребляются в пищу в течение недель (например, листовые овощи).

<sup>19</sup> Данная зона называется радиусом планирования ограничений потребления пищевых продуктов.

Поэтому в случае использования предупредительных контрмер необходимо провести оценку пострадавших районов на основе заранее определенных критериев, с тем чтобы можно было постепенно отменить применение этих мер.

### 3.6. ПРЕДОСТАВЛЕНИЕ ИНФОРМАЦИИ, ВЫПУСК ИНСТРУКЦИЙ И ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ НАСЕЛЕНИЯ

Главные требования в отношении предоставления информации, выпуска инструкций и предупреждения населения, изложенные в публикации категории требований безопасности [1], касаются:

#### *Реагирования*

- оперативное предупреждение населения и предоставление ему информации;

#### *Готовности*

- для установок, относящихся к категории угрозы I или II, меры по обеспечению оперативного предупреждения и инструктажа относительно реагирования для населения и субъектов (например, ферм, центров раздачи пищевых продуктов) за пределами площадки и для населения и субъектов в ЗПМ, ЗПСМ и в пределах радиуса планирования ограничений в отношении пищевых продуктов.

#### 3.6.1. Замечания

В течение первых нескольких дней аварийной ситуации на ТМІ сообщения с оценкой ситуации для СМИ и населения поступали одновременно из ряда различных официальных источников — с площадки аварийной ситуации, из законодательного собрания штата и из региональной и национальной штаб-квартир регулирующего органа. Эти оценки были зачастую неверными, непоследовательными, вводившими в заблуждение, устаревшими или не были связаны с актуальными тревогами местного населения. Это приводило к общественной неразберихе, обеспокоенности и утрате доверия к официальным должностным лицам. Эта ситуация была исправлена позже, когда президент США издал распоряжение о том, чтобы все официальные оценки поступали из единственного источника официальной информации, расположенного на установке вблизи места аварии [78].

В документе по требованиям безопасности [1] конкретно упоминается о необходимости, в случае установок, относящихся к категориям угрозы I и II, принимать до проведения и во время операций меры с целью предоставления информации постоянно проживающим, временным и особым группам населения. Вместе с тем на установках, относящихся к категории угрозы III, возникали аварийные ситуации, не создававшие какого-либо значительного риска для населения за пределами площадки, но после неточных докладов и предположений в СМИ у населения появлялась обеспокоенность по поводу возможного радиационного риска [79, 80]. Поскольку никаких заблаговременных усилий с

целью информирования населения о рисках, связанных с установкой, не предпринималось, у местных жителей не было какой-либо основы для оценки сообщений СМИ. Поэтому они утратили доверие как к властям, так и к оператору установки.

Авария в Гоянии (авария с источником, относящимся к категории угрозы IV) также продемонстрировала необходимость учета потребности в общественной информации во время радиологических аварийных ситуаций. Сразу же после обнаружения радиоактивного загрязнения возникли значительная обеспокоенность населения и интерес СМИ. В отсутствие четкой информации от властей разползались слухи. Приблизительно в течение первой недели не был специально выделен пресс-атташе с персоналом поддержки. Это означало, что представители СМИ и население скапливались вокруг сотрудников, выполнявших аварийно-спасательные работы, отвлекая их от выполнения ключевых задач. Лишь спустя несколько дней власти установили контроль над аварией, и впоследствии признавалось, что отсутствие работы с прессой и населением на ранней стадии было главной причиной этих задержек. Когда впоследствии были направлены ресурсы на обеспечение контактов со СМИ и населением, то для восстановления общественного доверия к мерам, предпринимаемым властями, потребовалось определенное время [13].

Такие проблемы коммуникации возникают не только в случае радиационных аварийных ситуаций. Во время аварии в Бхопале [81], связанной с выбросом метилизоцианата, сработала аварийная сирена, и местное население, вместо того, чтобы удалиться от площадки и принять меры предосторожности, направилось к площадке, чтобы узнать, что там случилось.

Вообще говоря, по-видимому, операторы установок в случае аварийной ситуации, потенциально представляющей опасность для проживающего поблизости населения, избегают заблаговременного распространения информации относительно мер, которые необходимо принимать в аварийной ситуации. Причиной этого является нежелание тревожить местных жителей.

Перед аварией на ТМІ оператор станции использовал программы общественной информации для того, чтобы убедить местных жителей в том, что ядерная энергетика надежна и безопасна. Обсуждения рисков, связанных со станцией, касались только вопросов обычного облучения, причем людям говорили, что крупная авария невозможна. Поэтому местные жители не знали, что делать в случае аварии.

Все серьезные аварийные ситуации и многие гораздо менее серьезные аварийные ситуации вызывают значительный интерес у населения и СМИ. Фактически теперь стало обычным, что представители СМИ очень быстро прибывают к месту аварийной ситуации. Это может приводить к усилению давления, оказываемого на тех, кто занимается организацией реагирования. Однако это может также стать положительным фактором, если СМИ предоставляется четкая информация. В случае ураганов «Катрина» и «Рита» население полностью полагалось на СМИ в

плане получения информации [62]. К тому времени, когда через два дня после начала аварии на ТМІ были выпущены рекомендации относительно защитных мер, местные жители активно отслеживали сообщения новостных СМИ. Подобное поведение отмечалось также в ходе других аварийных ситуаций [82].

Во время инцидента с полонием-210 в Лондоне [33] СМИ и общественность проявляли к нему большой интерес. Были учтены уроки предыдущих аварийных ситуаций и были предприняты значительные усилия с целью предоставления общественности ранней информации о характере и масштабе опасностей и обеспечения получения компетентных новых данных на протяжении этого длительного инцидента. Важнейшими ранними мерами были размещение на веб-сайте документов, содержащих вопросы и ответы (со ссылками на него, содержащимися на соответствующих страницах в Интернете) и проведение пресс-конференции с изложением имеющейся информации о том, что произошло (в той степени, в которой это было известно), запланированных мер реагирования и перспективного анализа опасностей. Критически важным в последнем было доведение до сведения общественности того, что полоний-210 не представляет внешней радиационной опасности и опасен только при поступлении в организм человека.

Было важно учитывать потребности СМИ и имеющиеся у них крайние сроки посредством выделения сотрудников для проведения интервью и выдачи разрешений на съемку фоновых кадров для телевидения, например, лабораторий, проводивших анализ мочи. Это была трудная задача как в материально-техническом отношении, так и в плане кадровых ресурсов, но она рассматривалась как необходимая и эффективная для «сохранения ведущей роли в игре», связанной с формированием и поддержанием доверия и понимания со стороны общественности.

Действовали механизмы обеспечения координации ежедневных пресс-релизов, выпускаемых различными соответствующими учреждениями, и поэтому представлялась единая картина текущей ситуации. Параллельно реагированию органов здравоохранения, полиция также проводила уголовное расследование, и было необходимо сбалансировать конфиденциальный характер информации, поступающей в ходе полицейского расследования, с необходимостью постоянного информирования общественности. В тех случаях, когда имелась какая-либо угроза безопасности населения, вопросам безопасности отдавался приоритет.

Одним из ключевых аспектов взаимодействия с населением было использование службы «NHS Direct» (телефона доверия Национальной службы здравоохранения). В качестве части мер аварийного реагирования, связанных с любыми видами проблем общественного здравоохранения, служба «NHS Direct» была центром для обращения соответствующих лиц из населения с телефонными запросами информации. Имелись формализованные тексты вопросов и ответов по аварийным ситуациям, касающиеся ядерных и радиологических инцидентов, однако уникальная природа инцидента с полонием потребовала их быстрой адаптации. Кроме того, благодаря полицейскому расследованию и реагированию на этот инцидент удалось быстро определить места, в которых, в случае их посещения

людьми в конкретные даты, существовала потенциальная возможность попадания полония-210 в их организм. В качестве части процесса выявления лиц, которые, возможно, нуждались в оценке поступления в организм и доз, через СМИ было передано обращение к этим людям с просьбой связаться со службой «NHS Direct».

### 3.6.2. Выводы

Эти уроки демонстрируют важность:

- включения в планы аварийного реагирования для установок, относящихся к категориям угрозы I и II, рассмотрения вопросов предоставления общественной информации и предупреждений;
- обеспечения того, чтобы информация о защитных мерах, которые предполагается принимать в случае аварийной ситуации, предоставлялась населению в потенциально подвергающихся воздействию зонах заблаговременно до возникновения какой-либо аварийной ситуации в случае установок, относящихся к категориям угрозы I и II. Это позволит сформировать доверие — понимание искренней заинтересованности должностных лиц — и тем самым улучшит соблюдение рекомендаций относительно защитных мер в случае реальной аварийной ситуации. Кроме того, улучшится понимание систем, используемых для предупреждения населения об аварийных ситуациях;
- координированного подхода к предоставлению информации СМИ, и это следует учитывать в планах аварийных мероприятий.

Эти уроки также показывают, что:

- необходимо рассматривать потребности населения в информации относительно событий на установках, относящихся к категории угрозы III, хотя бы с целью гарантировать предоставление правильной информации и устранения ненужных опасений;
- необходимо предварительно обдумывать средства, используемые для предоставления населению информации в случае аварийной ситуации, связанной с деятельностью, относящейся к категории угрозы IV;
- качество информации, распространяемой среди лиц, подвергающихся риску, в значительной мере определяет их способность защитить себя. Выполнение населением защитной меры после получения предупреждающего сигнала (например, сирены) оказывается значительно более эффективным, когда этот сигнал сопровождается предупредительным сообщением (например, по громкоговорителю или радио) с описанием угрозы, зон, подвергающихся риску (в которых поэтому требуется применение защитной меры), и зон, не подвергающихся риску (в которых поэтому не требуется применение защитной меры). В таких сообщениях следует указывать место возникновения события, характер радиационной опасности и серьезность и безотлагательность угрозы. Критически важно, чтобы в таком сообщении были описаны зоны, подвергающиеся риску, с указанием политических и

географических границ, которые будут легко понятны местным жителям, даны конкретные рекомендации относительно мер, которые людям следует предпринимать с целью собственной защиты, и указан законный компетентный орган, подготовивший рекомендацию. Также важно, чтобы эти сообщения были четкими, последовательными и повторялись;

- трудно ожидать, что лица, перемещающиеся транзитом через зоны, подвергающиеся воздействию аварийной ситуации, будут способны понять предупреждающие сигналы и знать местные ориентиры, и поэтому будут необходимы особые механизмы установления связи с ними и предоставления им руководящих указаний;
- СМИ (например, местные радиостанции) можно эффективно использовать в качестве средства первичного предупреждения об аварийных ситуациях в непредвиденных местах – категория угрозы IV – и в качестве дополнения к другим системам предупреждения.

### 3.7. ЗАЩИТА АВАРИЙНЫХ РАБОТНИКОВ

Главные требования в отношении защиты аварийных работников, изложенные в публикации категории требований безопасности [1], касаются:

#### *Реагирования*

- меры по защите аварийных работников.

#### *Готовности*

- меры для назначения в качестве аварийных работников лиц, которые могут осуществлять вмешательство с целью спасения жизни, предотвращать получение высокой коллективной дозы или предотвращать возникновение катастрофических условий;
- назначение лиц, осуществляющих реагирование на установке, относящейся к категории угрозы I, II или III или в пределах ЗПМ или ЗПСМ, в качестве аварийных работников;
- предоставление лицам, принимающим первые ответные меры, информации относительно рисков радиационного облучения и значения знаков и предупредительных надписей;
- принятие национальных руководящих материалов по управлению, контролю и регистрации доз, получаемых аварийными работниками;
- для установок, относящихся к категории угрозы I, II или III, указание ожидаемых опасных условий, в которых аварийным работникам, возможно, потребуется действовать;
- меры по защите аварийных работников;

- применение полной системы защиты от профессионального облучения по окончании аварийного этапа;
- сообщение участвовавшим работникам сведений о дозах и рисках по окончании вмешательства;
- определение в планах аварийных мероприятий лица, ответственного за обеспечение соблюдения требований защиты от профессионального облучения.

### 3.7.1. Замечания

Серьезность аварии на Чернобыльской АЭС потребовала героических мер. Работники входили в поврежденное здание, чтобы спасти раненных коллег. Кроме того, было необходимо оценить интенсивность и тип излучения, испускаемого в атмосферу. Это было сделано путем пролета на воздушном судне через шлейф в пределах площадки и вокруг нее. Была также предпринята попытка потушить пожар и снизить уровни радиоактивности путем сброса материалов с вертолетов непосредственно через отверстие в крыше. Эти необходимые работы невозможно было выполнить с соблюдением пределов годовой дозы профессионального облучения.

В течение аварии многие аварийные работники, включая членов пожарной команды за пределами площадки, получили очень большие дозы облучения, некоторые из которых оказались смертельными. Это произошло отчасти вследствие зашкаливания приборов дозиметрического контроля, отсутствия средств для измерения индивидуальных доз на текущей основе и ненадлежащего качества защитной одежды и обучения. Стандартная противопожарная одежда не обеспечивала надлежащей защиты от бета-излучения, что приводило к серьезным лучевым ожогам и, в некоторых случаях, вносило свой вклад в летальные исходы.

На ТМІ необходимость выполнения операций реагирования и возникновение опасных условий, вероятно, можно было ожидать на основе исследований аварии. Однако ощущалась нехватка приборов дозиметрического контроля для измерения высоких уровней излучения, саморегистрирующих дозиметров для измерения высоких уровней излучения и оборудования для защиты органов дыхания.

Реагирование на аварию в Гоянии длилось несколько месяцев, и аварийные работники выполняли многие работы, связанные с сильным стрессом. Некоторые из них должны были выполнять работы по радиационной защите в больницах в тесном контакте с жертвами аварии и, в некоторых случаях, проводить дозиметрический контроль во время вскрытия четырех человек, которые умерли. Много лет спустя после этого события лица, осуществлявшие реагирование, все еще ощущали психологические последствия [83].

После аварийной фазы Чернобыльской аварии и аварии в Гоянии потребовалось несколько месяцев для введения в действие системы радиационной защиты для большого числа работников, принимавших участие в послеаварийной фазе.

В случае Чернобыльской аварии отсутствие детальных регистрационных записей доз для отдельных лиц, участвовавших в аварийных и послеаварийных операциях, вызвало проблемы с последующим медицинским контролем их состояния здоровья.

Доза, полученная аварийными работниками, участвовавшими в возвращении неконтролируемых источников, может быть минимизирована путем создания системы радиационной защиты, действующей с самого начала операций по возвращению. Сюда входит тщательное определение местоположения источника, приобретение необходимых ресурсов, таких как биологическая защита, дозиметры и экранированный контейнер, определение способа уменьшения доз во время возвращения и репетирование выполнения мер по возвращению [21, 25].

### **3.7.2. Выводы**

Эти уроки демонстрируют важность:

- четкого и всестороннего заблаговременного информирования аварийных работников о рисках, и, насколько это возможно, их обучения выполнению мер, которые могут потребоваться;
- предоставления аварийным работникам надлежащего защитного и дозиметрического оборудования и легкодоступности и достаточного количества этого оборудования в случае постулируемой аварийной ситуации;
- отражения в плане аварийных мероприятий потребностей аварийных работников;
- надлежащей оценки и регистрации доз, полученных аварийными работниками, для цели последующего медицинского обслуживания.

Уроки также показывают, что выброс радиоактивного материала может приводить как к внутреннему, так и к внешнему облучению. Поэтому индивидуальные дозиметры с непосредственным отсчетом, которые зачастую измеряют облучение только от внешней проникающей радиации, возможно, не позволяют достаточно оценить меру опасности и, следовательно, для управления облучением аварийных работников могут оказаться необходимыми дополнительные критерии.

### **3.8. ОЦЕНКА НАЧАЛЬНОГО ЭТАПА**

Главные требования в отношении оценки начального этапа, изложенные в публикации категории требований безопасности [1], касаются:

### *Реагирования*

- оценка масштаба и вероятного развития опасных условий на протяжении аварийной ситуации;
- радиационный мониторинг и отбор и оценка проб окружающей среды;
- предоставление информации всем организациям, осуществляющим реагирование.

### *Готовности*

- для операторов практической деятельности или источников, относящихся к категории угрозы IV, меры по определению характера ситуации, по организации осуществления действий, по определению лиц, могущих подвергнуться облучению, и по установлению связи с организациями, осуществляющими реагирование за пределами площадки;
- для операторов установок, относящихся к категории угрозы I, II или III, меры по оценке условий и облучения, и использование этой информации для защитных мер;
- для ЗПМ и ЗПСМ, меры по оперативной оценке радиационной обстановки с целью определения подлежащих осуществлению срочных защитных мер;
- для группы специалистов по радиационной защите, обеспечивающих поддержку лиц, принимающих первые ответные меры, меры по идентификации радионуклидов и определению границ территорий, на которых требуется применение защитных мер;
- меры по обеспечению регистрации и сохранения информации.

#### **3.8.1. Замечания**

В ходе некоторых аварийных ситуаций информация о случившемся и о возможных последствиях появляется на раннем этапе реагирования, однако во многих ситуациях соответствующие данные появляются только по истечении определенного периода времени и с использованием разнообразных источников и мер. Поэтому важно знать необходимые критические данные и иметь четкие механизмы объединения этих потоков данных с целью получения общей картины. Например, в инциденте с полонием-210 в Лондоне начальными данными были сведения о поступлении в организм подвергшегося отравлению лица и детали о ряде мест, которые он посетил в предыдущие недели. Начальная оценка риска показала, что имелся значительный риск для здоровья населения, связанный с потенциальным распространением радиоактивного загрязнения в ходе событий, приведших к отравлению, а также с любыми остатками и физиологическими жидкостями организма пострадавшего. На этом этапе также нельзя было

предполагать, что это был изолированный случай или что жертва была единственной. Была быстро разработана стратегия реагирования органов общественного здравоохранения [33]. В рамках этой стратегии первоочередное внимание уделялось проверке других больниц в данной зоне, с тем чтобы убедиться в том, что нет или не было других пострадавших с такими же симптомами; и дозиметрическому контролю окружающей среды в наиболее вероятно загрязненных местах, например, в доме пострадавшего, в больнице, где его лечили, и в известных местах, которые он посетил.

В результате раннего мониторинга радиоактивного загрязнения в указанных местах были зафиксированы уровни, подтверждающие потенциальную возможность угрозы для здоровья населения, но также было установлено, что радиоактивное загрязнение было неодинаковым и было в значительной мере жестко привязано к поверхностям, на которых оно было обнаружено, а не рассеяно на больших площадях. Это помогло уточнить оценку совокупного риска и затем сосредоточить внимание на оценке различных механизмов переноса и распространения радиоактивного загрязнения и поступления радиоактивного материала в организм. На этой основе были разработаны сортировочные вопросники с целью выявления групп персонала, гостей и посетителей в гостиницах, ресторанах и офисах, которые, возможно, подвергались наибольшему риску облучения и которым следует предложить индивидуальный дозиметрический контроль с использованием метода анализа мочи. По мере продолжения полицейского расследования были выявлены новые места, где был необходим дозиметрический контроль. После того, как потоки данных были совместно обработаны в ведущей организации общественного здравоохранения, занимающейся реагированием, удалось понять характер переноса радиоактивного загрязнения, что помогло уточнить оценки риска, а также способствовало полицейскому расследованию.

В реагировании на инцидент участвовали многие организации, и было важно, что удалось выработать согласованное представление о ситуации и обеспечить координированное реагирование. На высшем уровне это было достигнуто благодаря руководимому правительством Комитету гражданской обороны (КГО), в котором были представлены различные учреждения, осуществляющие реагирование. Ключевым вкладом в работу КГО явилась Общая сводка признаваемой информации (ОСПИ). За два часа до совещания каждое учреждение должно было представить свой доклад о ситуации, на основе которого подготавливалась ОСПИ. За это время можно было устранить различия в данных, и КГО мог сконцентрироваться на стратегии реагирования. Любые «актуальные новости» или важные обновления данных можно было представить на совещании.

### **3.8.2. Выводы**

Эти уроки демонстрируют важность:

- того, что оценка значимости и масштаба проблемы является динамическим процессом, и поэтому специалистам по аварийному реагированию следует постоянно продолжать усилия, направленные на оценку проблемы, с целью

проверки обоснованности первоначальной оценки и контроля изменяющихся условий.

### 3.9. УПРАВЛЕНИЕ МЕДИЦИНСКИМ РЕАГИРОВАНИЕМ

Главные требования в отношении управления медицинским реагированием, изложенные в публикации категории требований безопасности [1], касаются:

#### *Реагирования*

- уведомление, направляемое врачом или другим специалистом, об обнаружении медицинских симптомов облучения;
- предоставление специального лечения любому лицу, получившему дозу, которая может привести к серьезным детерминированным эффектам;
- выявление возросшего числа раковых заболеваний среди аварийных работников и населения.

#### *Готовности*

- меры, обеспечивающие знание медицинским персоналом медицинских симптомов и соответствующих процедур оповещения и других мер;
- для установок, относящихся к категории угрозы I, II или III, меры по организации лечения подвергшихся радиоактивному загрязнению или переоблучению работников;
- для юрисдикций в пределах аварийных зон установки, относящейся к категории угрозы I, план медицинской помощи для выполнения сортировки пациентов;
- меры на национальном уровне для организации лечения лиц, подвергшихся облучению или радиоактивному загрязнению;
- меры для выявления, долгосрочного медицинского контроля и лечения групп лиц, подвергающихся риску заметного увеличения числа раковых заболеваний.

#### **3.9.1. Замечания**

Ряд аварийных ситуаций, относящихся к категориям угрозы III и IV, были первоначально обнаружены врачами, занимавшимися лечением пострадавших. Примерами аварий, относящихся к первой из указанных категорий, являются авария, в которой пострадали пациенты лучевой терапии, в Коста-Рике [20], и авария, в которой пострадали работники облучательной установки в Сан-Сальвадоре [14]. Примерами аварий, относящихся ко второй из указанных категорий, являются аварии в Гоянии [13], Таиланде [25] и Турции [21]. Поскольку местные врачи не имеют опыта диагностики лучевых поражений, предположения о возможности облучения возникали лишь спустя некоторое время. Ранняя

диагностика причины нарушения здоровья, вероятно, предотвратила бы дальнейший ущерб здоровью или смертельные случаи.

Кроме того, неспособность правильно диагностировать причину ухудшения здоровья приводила к неправильному лечению. Например, врач, проводивший ежегодное медицинское обследование лица, ранее получившего высокую дозу облучения рук, не смог правильно диагностировать симптом облучения, даже несмотря на то, что пострадавший рассказал врачу, что он, возможно, подвергся облучению [17]. Лишь 14 дней спустя было диагностировано острое облучение.

Известно, что лучевые поражения развиваются со временем и затрагивают глубоко расположенные ткани. Поэтому весьма важна информация относительно профиля дозы, полученной пациентом. Однако некоторые врачи, не понимая этого, неправильно предполагали, что лучевые поражения требуют лишь обычного лечения, которое можно было бы обеспечить на месте, и не рассматривали связанного с дозой прогноза для облученных тканей [17]. Это приводило к неправильному лечению (например, с целью спасения тканей) и задержке в проведении необходимого лечения. После аварий на облучательных установках в Италии в 1975 году [29] и в Сан-Сальвадоре в 1989 году [14] врачам, занимавшимся лечением радиационных повреждений, не было предоставлено описания первоначальных симптомов или информации, достаточной для реконструкции доз облучения. Во время аварии в Сан-Сальвадоре пациентов впоследствии направили в другую страну, где имелись более опытный медицинский персонал и лучшая аппаратура.

Для лечения серьезного переоблучения могут потребоваться специализированные редкие лекарства, заместительная терапия и хирургия, в зависимости от клинических симптомов и прогноза на основе реконструкции дозы. Во всем мире есть лишь несколько медицинских центров, имеющих значительный опыт специализированного лечения радиационно-индуцированных повреждений. Однако в зависимости от серьезности повреждения и при соответствующей диагностике и консультациях экспертов некоторые радиационно-индуцированные повреждения можно было бы также эффективно лечить в местных больницах. Это позволило бы уменьшить психологический стресс, который возникает у пациента, когда его направляют в другую страну на лечение.

При сотрудничестве ряда правительственных и международных организаций в связи с передачей Сан-Сальвадору опыта экспертов по лечению и дозиметрии возникали задержки, поскольку для направления запросов о помощи использовались обычные административные процедуры [14].

В любом случае, международное сотрудничество и помощь играют весьма важную роль при решении проблем оказания медицинской помощи переоблученным пациентам.

В случае крупной радиационной аварийной ситуации, такой как Чернобыльская авария или авария в Гоянии, оказывается необходимой сортировка пациентов. При реагировании на аварию в Гоянии власти создали трехуровневую систему средств

лечения – одна ее часть была сконцентрирована на дезактивации, другая – на пациентах, получивших дозы в диапазоне 1–2 Гр, и третья – на пациентах, получивших дозы свыше 2 Гр или имевших местные лучевые поражения и нуждавшихся в изоляции и заместительной терапии. Однако эта стратегия приводила к разделению семей и созданию многочисленных медицинских учреждений, укомплектованных врачами и медицинскими физиками, имеющими опыт лечения при радиоактивном загрязнении. Число опытных сотрудников иногда оказывалось весьма ограниченным, в учреждениях возникали проблемы контроля радиоактивного загрязнения и загрязненных отходов, а некоторые медицинские работники опасались облучения и радиоактивного загрязнения от пациентов [13].

У лиц, подвергшихся в детском возрасте воздействию радиоактивного йода в связи с аварией на Чернобыльской АЭС, отмечаются радиационно-индуцированные раковые образования щитовидной железы. Раннее выявление лиц, страдающих этим видом рака, необходимо и требует долгосрочного последующего медицинского наблюдения населения, подвергшегося воздействию. Так, например, в Беларуси действует программа медицинского контроля лиц, у которых выявлен повышенный риск рака щитовидной железы. Смертность у лиц, выявленных в рамках этой программы, значительно ниже, чем международный показатель смертности лиц, у которых диагностирован рак щитовидной железы [84].

После признания инцидента с полонием-210 в Лондоне одна из ранних проблем заключалась в том, что могут иметься и другие пострадавшие с острыми симптомами, которые все еще не выявлены. Реагирование с целью решения этой проблемы включало следующие три элемента: (1) был установлен непосредственный контакт с больницами в районе Лондона с целью проверить, имеются ли или имелись ли у какого-либо из их пациентов соответствующие симптомы; (2) главным государственным санитарным врачом было выпущено предупредительное письмо для рассылки всем работникам здравоохранения; и (3) в сортировочные вопросники, используемые службой «NHS Direct» и группами медиков, направленными в подвергшиеся воздействию места, были включены вопросы с целью выявления лиц, у которых могут иметься соответствующие симптомы. Удалось выявить 186 лиц, с которыми требовалась дальнейшая работа, причем 29 из них были направлены в специализированную клинику для проведения анализов.

К счастью, как оказалось, никто из них не страдал от каких-либо острых лучевых эффектов. Однако вышеупомянутые меры были необходимы для исключения этой возможности.

События как в Гоянии, так и с полонием-210 в Лондоне затрагивали большое число лиц из населения, для которых существовала потенциальная возможность поступления радиоактивного материала в организм вследствие распространения радиоактивного загрязнения. Для этих событий необходимо было разработать программы сортировки и индивидуального дозиметрического контроля с целью контроля здоровья отдельных лиц и общего укрепления общественного доверия в качестве части вклада, наряду с дозиметрическим контролем окружающей среды, в

текущую оценку риска в ходе реагирования, то есть, того, что случилось, и последствий. С радионуклидами в этих двух событиях,  $^{137}\text{Cs}$  (бета/гамма-излучатель) и  $^{210}\text{Po}$  (альфа-излучатель), были связаны различающиеся задачи сортировки, дозиметрического контроля и помощи пациентам. Этот опыт показал, что важно иметь планы решения этих задач и соответствующие возможности их осуществления в разнообразных ситуациях.

В ходе аварии в Гоянии 112 000 человек либо нуждались в дозиметрическом контроле, либо желали его проведения (для обретения уверенности). Гамма-излучение  $^{137}\text{Cs}$  в техническом плане облегчало сортировку с помощью переносных дозиметров, хотя необходимые для этого материально-техническая поддержка и ресурсы были значительны. У лиц, идентифицированных как потенциально подвергшиеся радиоактивному загрязнению, проводился биоанализ проб мочи и/или фекалий с целью оценки доз. При этом активные пробы для биоанализа перевозили в известные лаборатории, расположенные на расстоянии более 1000 км, причем возникали задержки в получении результатов и материально-технические проблемы. В [13] сделан вывод, что в планах аварийного реагирования следует предусматривать наличие транспортабельного оборудования для проведения биоанализа и дозиметрического контроля всего тела, а также специалистов, обученных адаптации обычных процедур к аномальным ситуациям. С тех пор многие страны улучшили свои возможности в этой области.

В инциденте с полонием-210 в Лондоне, характер  $^{210}\text{Po}$ , являющегося почти исключительно альфа-излучателем, обуславливал иные проблемы. Внешний дозиметрический контроль в целях сортировки был невозможен. Сортировку было необходимо проводить на основе того, где люди находились и что они делали. Дозиметрический контроль окружающей среды позволил сократить с десятков до 11 число мест с наибольшей потенциальной возможностью поступления в организм, причем в некоторых из них, гостиницах и ресторанах, побывали тысячи лиц. Для каждого из этих мест была назначена группа работников общественного здравоохранения, и вместе со специалистами по радиационной защите они разработали для конкретных мест вопросники с целью выявить лиц с наибольшим риском поступления  $^{210}\text{Po}$  в организм и предложить им пройти индивидуальный дозиметрический контроль, включая 24-часовой анализ проб мочи. Группы работников общественного здравоохранения были ответственны за материально-техническое обеспечение доставки проб мочи в радиационные лаборатории для тестирования и за доведение результатов до сведения лиц, сдавших пробы, а также за поддержание позитивного настроения персонала в этих местах. Эти взаимодействия затруднял тот факт, что для многих сотрудников гостиниц английский язык не был родным. В данном случае урок заключается в использовании ресурсов специалистов не по радиационной защите для обеспечения контактов с общественностью. Опыт работы групп работников общественного здравоохранения был связан с борьбой с инфекционными заболеваниями и инцидентами химического характера, и поэтому они имели значительный опыт взаимодействия с соответствующими лицами из населения. Используя данные, полученные от специалистов по радиационной защите, они могли взять на себя выполнение части операций реагирования, требующей больших затрат ресурсов,

для которой в ином случае пришлось бы использовать ценные ресурсы радиационной защиты, причем в рамках инцидента, отличавшегося длительным периодом реагирования.

В течение инцидента людям предлагали возможность регистрации учреждением их фамилий и подробных сведений в защищенном долгосрочном реестре (ДР) на тот случай, если окажется необходимым или полезным связаться с ними в будущем. ДР в конечном счете не расценивался как нечто необходимое, поскольку уровни облучения не требовали долгосрочного последующего наблюдения. Однако решение об этом не могло быть принято на ранней фазе реагирования из-за нехватки информации. Опыт предыдущих нерадиологических инцидентов показал, что если не начать на ранней стадии сбор данных о соответствующих лицах, то получить такую информацию на более поздней стадии трудно. Поэтому в качестве меры предосторожности были приняты меры по организации сбора данных.

В ходе событий в Гоянии и с полонием-210 в Лондоне пациенты представляли опасность для тех, кто осуществлял уход за ними и их лечение. В обоих случаях радиоактивность присутствовала в физиологических жидкостях организма: моче, фекалиях, рвотных массах и потовых выделениях; в инциденте в Гоянии пациенты также создавали опасность внешнего облучения. Во время аварии в Гоянии медицинский и медико-технический персонал испытывал тревогу по поводу собственной безопасности, для преодоления которой потребовалось определенное время, причем число работников с соответствующими экспертными знаниями было невелико. Этот опыт актуален для программ обучения медицинского персонала, обеспечения доступности соответствующей информации для медицинских профессионалов и аварийного планирования.

В ходе инцидента с полонием-210 в Лондоне уход за пациентом и его лечение в основном проводились ранее, чем стало известно о присутствии  $^{210}\text{Po}$  в его организме. Хотя в физиологических жидкостях организма присутствовала значительная радиоактивность, интересно отметить, что уровни радиоактивного загрязнения, зарегистрированные в больницах, были относительно низкими, что следует отнести на счет осуществлявшихся строгих режимов поддержания чистоты с целью предотвращения распространения инфекций; подобным же образом, были низкими уровни поступления в организм для больничного персонала, занимавшегося лечением пациента (это было результатом регулярного использования индивидуального защитного оборудования и процедур с целью поддержания контроля над инфекциями. Самая высокая оцененная доза, помимо пациента, была получена его женой, которая ухаживала за ним дома в первые несколько дней.).

Частью событий в Гоянии и с полонием-210 в Лондоне были работы по вскрытию на трупах, которые обладали сильной радиоактивностью. Были разработаны соответствующие процедуры обеспечения безопасности и приняты меры по временному приспособлению технических средств, с тем чтобы можно было надежно и безопасно проводить вскрытие. Это показывает необходимость учета подобных возможностей в чрезвычайных мерах.

### 3.9.2. Выводы

Эти уроки демонстрируют важность:

- обучения медицинских работников распознаванию радиационно-индуцированных повреждений и пониманию трудностей при лечении;
- оперативного проведения врачами, занимающимися лечением пациентов, получивших облучение, способное привести к повреждению тканей, или опасные для жизни дозы, консультаций с другими врачами, обладающими опытом лечения серьезных лучевых поражений, и в случае необходимости, перевода пациента в соответствующую больницу;
- сбора участвующими в аварийном реагировании лицами достаточной информации, позволяющей реконструировать профиль дозы лиц, получивших высокие дозы облучения, с целью определения истории развития повреждения и необходимого лечения. Эта информация включает:
  - (a) оценки полученной дозы для всего организма или тканей,
  - (b) фотографии/схемы соответствующей установки/практической деятельности,
  - (c) описание источника облучения (например, вида деятельности, радионуклида, мощности дозы на расстоянии 1 м),
  - (d) детальное описание обстоятельств облучения (например, изменения местонахождения лица во времени),
  - (e) показания всех индивидуальных дозиметров (у всех сотрудников) или других устройств дозиметрического контроля,
  - (f) пробы предметов одежды лица, получившего переоблучение,
  - (g) полное описание и время возникновения любых ранних клинических симптомов,
  - (h) результаты общего медицинского обследования всех систем и органов, включая кожу и видимые слизистые оболочки,
  - (i) полный анализ крови с целью обнаружения первой волны симптомов, связанных с облучением;
- разработки компетентными органами планов и процедур: по сортировке пострадавших и транспортировке их в соответствующие медицинские учреждения, по обеспечению достаточной численности медицинского персонала для работы с постулируемым числом пострадавших, по сбору данных индивидуальной дозиметрии и предоставлению этих данных врачам, по получению помощи экспертов при диагностике и лечении лучевых поражений и по переводу пациентов, перенесших серьезное облучение, в медицинские учреждения, имеющие опыт лечения лучевых поражений;

- наличия в национальном плане аварийных мероприятий положений относительного направления в международные организации оперативных запросов об оказании в аварийных ситуациях помощи в работе с пострадавшими согласно Конвенции о помощи в случае ядерной аварии или радиационной аварийной ситуации [51];
- разработки критериев для определения групп лиц, получивших высокие дозы облучения и подлежащих долгосрочному медицинскому последующему наблюдению с целью обнаружения ранних проявлений рака.

Уроки также показывают, что необходимо сводить к минимуму психологическое воздействие лечения радиационно-индуцированных повреждений, и поэтому лечение следует организовывать как можно ближе к месту жительства пострадавшего, или в регионе с привычными для него языком и культурой. При лечении пациента в другой стране следует предоставлять членам семьи возможность сопровождать его.

### 3.10. ИНФОРМИРОВАНИЕ НАСЕЛЕНИЯ

Главные требования в отношении информирования населения, изложенные в публикации категории требований безопасности [1], касаются:

#### *Реагирования*

- предоставление информации населению.

#### *Готовности*

- меры по предоставлению информации населению;
- меры по координации предоставления информации населению;

#### **3.10.1. Замечания**

Опыт показал, что во время аварийной ситуации любого типа со стороны населения и СМИ оказывается интенсивное давление с целью получения информации. Появление новостных радиоканалов с круглосуточным вещанием еще более усилило это давление. Весьма часто сотрудники СМИ появляются на месте возникновения аварийной ситуации вскоре после того, как о ней становится известно, и постоянно следят за развитием событий. Кроме того, лица, полагающие, что события, возможно, также непосредственно затрагивают их, проводят свои собственные расследования, тем самым еще более усиливая давление. Так, например, в случае авиакатастрофы авиакомпании обычно оперативно указывают номер телефона, по которому можно получить ответы на запросы тех, кто полагает, что в числе пострадавших мог оказаться член их семьи или друг.

Есть много примеров радиационных аварийных ситуаций, в ходе которых была недооценена потребность в информации, и поскольку не было принято никаких детальных мер для удовлетворения этой потребности, лица, руководившие операциями по реагированию, оказывались перегруженными, что снижало эффективность их действий по осуществлению мер реагирования на реальную аварийную ситуацию. Такая ситуация возникла, например, во время аварии на ТМІ (категория угрозы I) и аварии в Гоянии (категория угрозы IV).

Опыт также показал, что потребность в информации не обязательно связана с серьезностью аварийной ситуации согласно оценкам лиц, ответственных за принятие соответствующих мер, по крайней мере, в ближайшей перспективе. Это имело место в случае аварии в США в январе 1986 года, когда произошел разрыв цилиндра с последующим выбросом  $UF_6$  (категория угрозы III). Один рабочий умер, но радиоактивное загрязнение ураном за пределами площадки не представляло никакой значительной радиологической опасности для населения. Однако СМИ уделили этому случаю большое внимание. Соответствующие лица не были готовы к этому и поэтому не смогли оперативно отреагировать на вводящие в заблуждение сообщения. Неспособность информировать и корректировать СМИ посредством точных и согласованных официальных оценок привела к появлению у местных жителей безосновательных опасений по поводу радиоактивного загрязнения. Это привело к проведению обширных операций по дозиметрическому контролю просто с целью успокоить общественность и местных должностных лиц [80].

Этот пример также показывает, что если не осуществляется тщательного контроля предоставляемой информации, от компетентных органов может потребоваться принятие мер, которые, возможно, не являются необходимыми для смягчения радиологических последствий аварийной ситуации. Во время реагирования на аварию в Таиланде, связанную с бесхозным источником, лица, участвовавшие в операциях по возвращению источника, были одеты в свинцовые фартуки, демонстрируя представителям СМИ, что они надлежащим образом защищены. Однако эти фартуки не обеспечивали эффективного снижения мощности дозы, создаваемой гамма-излучением кобальта-60, и, несомненно, замедляли действия работников [25]. В ходе реагирования на утерю источника в Турции [21] серьезное давление, главным образом, со стороны СМИ, оказывалось с целью уменьшения опасности посредством заливки бетоном зоны, где был расположен источник. В этом случае давление не привело к каким-либо результатам, поскольку данная мера затруднила бы выполнение операции по возвращению источника и не позволила бы определить местонахождение других источников.

СМИ, в отсутствие тщательного управления информацией, весьма вероятно, будут стремиться получить оценки со стороны «самозванных экспертов», местных врачей и других лиц, авторитетных в соответствующем сообществе. Запутанная, противоречивая и вводящая в заблуждение информация может в этом случае приводить к неоправданным и иногда вредным действиям населения. Во время аварии на ТМІ принять участие в эвакуации решили намного больше людей, чем было рекомендовано; во время аварии в Гоянии 100 000 человек обратились с просьбами о проведении дозиметрического контроля, причем многие из них даже

не проживали в зоне аварии; во время аварии на Чернобыльской АЭС проводились необоснованные аборт; и во время аварий в Гоянии и Таиланде население протестовало против захоронения жертв.

Давление, оказываемое во время аварийной ситуации, может приводить к тому, что лица, ответственные за предоставление информации населению и СМИ, не в достаточной мере задумываются о том, общаются ли они на языке, который будет с готовностью понят. Во время некоторых аварийных ситуаций официальные представители использовали технические термины. Это может создавать впечатление, что информация утаивается, и приводит к домыслам. В некоторых случаях ответственность за проведение брифингов для СМИ возлагалась на определенных лиц в силу их технической или организаторской роли, а не их навыков коммуникации. Это приводило к ошибкам при информировании о технических аспектах аварийной ситуации и снижало общественное доверие к авторитету компетентных органов [82].

Постоянное качественное информирование населения в ходе реагирования на аварийные ситуации, связанные с неконтролируемыми источниками, по-видимому, увеличивает его доверие и сотрудничество [13, 21, 25] и помогает ограничивать давление с целью принятия быстрого решения в ситуациях, когда требуется более продуманное решение. Оно включает проведение регулярных брифингов с целью предоставления своевременных и точных описаний проводимых операций, корректировку неточной информации и поддержание тесных и взаимно благосклонных отношений со средствами массовой информации. Оно также включает долгосрочные усилия, такие, как участие в дискуссиях, подготовка информации на понятном языке и организация круглосуточной телефонной службы борьбы со слухами/информирования.

Во время аварии в Гоянии были задействованы дополнительные ресурсы, поскольку стала более очевидной и даже неизбежной необходимостью работы со СМИ и общественной информацией. Однако заранее подготовленных материалов не имелось, а лица, осуществлявшие реагирование, не имели подготовки по общению со СМИ. Даже несмотря на это, они информировали журналистов, которые затем могли по телевидению и радио в общих чертах описать ситуацию. Журналисты были известны публике, и это повышало веру в предоставляемую ими информацию. Кроме того, была подготовлена и распространена в количестве 250000 экземпляров брошюра «Что вам следует знать о радиоактивности и радиации». Работала также круглосуточная горячая линия телефонной связи для ответов на вопросы.

### **3.10.2. Выводы**

Основные цели информирования населения в аварийных ситуациях заключаются в том, чтобы:

- обеспечивать, чтобы лица, не подвергающиеся риску, понимали, что их безопасность активно контролируется и что, в отсутствие инструкций об иных действиях, нет необходимости принятия защитных мер. Это отличается от цели предупреждения об аварийной ситуации, которая

заключается в том, чтобы все лица, подвергающиеся риску, своевременно выполняли рекомендации компетентных органов в отношении защитных мер;

- обеспечивать, чтобы потребность в общественной информации не отвлекала от управления операциями по реагированию в случае аварийной ситуации.

Эти уроки демонстрируют важность:

- уделения тщательного внимания предоставлению своевременной и точной общественной информации, как незамедлительно, так и на постоянной основе, независимо от того, действительно ли обеспокоенность общественности кажется необоснованной;
- определения в плане аварийных мероприятий для всех установок, относящихся к категориям угрозы I, II и III, и для деятельности, относящейся к категории угрозы IV, мер по предоставлению населению и СМИ соответствующей информации;
- координации предоставления информации между органами государственной власти и операторами;
- подготовки персонала информационных центров по вопросам четкого и честного информирования населения и СМИ.

### 3.11. ПРИНЯТИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КОНТРМЕР, КОНТРМЕР, ПРЕПЯТСТВУЮЩИХ ПЕРОРАЛЬНОМУ ПОСТУПЛЕНИЮ, И ДОЛГОСРОЧНЫХ ЗАЩИТНЫХ МЕР

Главные требования в отношении принятия сельскохозяйственных контрмер, контрмер, препятствующих пероральному поступлению, и долгосрочных защитных мер, изложенные в публикации категории требований безопасности [1], касаются:

#### *Реагирования*

- принятие сельскохозяйственных контрмер и долгосрочных защитных мер;
- надлежащее обращение с радиоактивными отходами и радиоактивным загрязнением;
- прекращение проведения защитного действия.

#### *Готовности*

- установление оптимизированных уровней вмешательства и уровней действий;
- для территорий с деятельностью, относящейся к категории угрозы V, меры с целью принятия эффективных сельскохозяйственных контрмер;
- в случае большого выброса радиоактивного материала с установки, относящейся к категории угрозы I или II, меры по временному переселению;

- для аварийных зон, меры дозиметрического контроля уровней радиоактивного загрязнения транспортных средств с целью контроля распространения радиоактивного загрязнения;
- меры по обращению с радиоактивными отходами;
- меры по оценке облучения, полученного населением, и по обнародованию этой информации.

### 3.11.1. Замечания

После аварийного выброса радиоактивного материала в атмосферу на установке, относящейся к категории угрозы I или II, могут оказаться необходимыми защитные меры, касающиеся потребления пищевых продуктов, произведенных в зоне распространения шлейфа выброса. Наиболее срочной мерой обычно является предотвращение потребления загрязненного молока, но в относительно краткосрочном плане необходимо также рассмотреть меры в отношении и других видов пищевых продуктов, особенно листовых овощей. В более поздние сроки следует также вводить защитные меры в отношении потребления пищевых продуктов, которые могут быть загрязнены в течение месяцев, таких, как мясо. Как показала авария на Чернобыльской АЭС, применение таких контрмер может оказаться необходимым распространить на значительные расстояния от места аварии, с охватом весьма больших зон, что потребует обширного дозиметрического контроля окружающей среды. В документе по требованиям безопасности [1] требуется, чтобы принимались меры с целью принятия эффективных сельскохозяйственных контрмер и чтобы эти меры включали принятые по умолчанию действующие уровни вмешательства (ДУВ), а также средства их пересмотра. Ясно, что такие ДУВ следует устанавливать заранее и включать в аварийные меры для установок, относящихся к категориям угрозы I и II, и для деятельности, относящейся к категории угрозы V.

После аварии на Чернобыльской АЭС многие государства ввели меры контроля в отношении загрязненных пищевых продуктов. Используемые значения концентрации активности значительно различались ввиду использования различных критериев дозы и предположений при моделировании, причем зачастую скорее вследствие политического давления, чем по научным причинам. Однако это создало значительную путаницу. В результате Комиссия по Codex Alimentarius разработала значения концентраций активности для использования в международной торговле пищевыми продуктами [85, 86].

Концентрации активности в большинстве пищевых продуктов быстро снижаются со временем. Тем не менее, несколько стран, организовавших программы дозиметрического контроля пищевых продуктов в течение этого периода, все еще продолжают контролировать обычно импортируемое продовольствие без обязательного рассмотрения необходимости делать это.

Значения Комиссии по Codex Alimentarius применимы только к международной торговле и не регулируют внутреннее использование возможно более высоких уровней в стране, затронутой аварией. Однако неясно, будет ли это понято

населением и будет ли оно готово согласиться с более высокими уровнями в случае возникновения события в своей собственной стране.

После аварии на Чернобыльской АЭС министерство здравоохранения бывшего СССР приняло следующие допустимые пределы ежегодной дозы аварийного облучения для населения: 100 мЗв в 1986 году, 30 мЗв в 1987 году и 25 мЗв в 1988 и 1989 годах. Что касается аварийных работников, то допустимые пределы были следующими: 250 мЗв в 1986 году (для военнослужащих - 500 мЗв до 21.05.1986), 100 мЗв в 1987 году и 50 мЗв в 1988 и 1989 годах. Правительство бывшего СССР первоначально приняло с 1990 года критерий для переселения, соответствующий дозе в течение жизни, равной 350 мЗв. Это значение подверглось серьезной критике как слишком высокое и не применялось. В 1991 году в рамках закона был принят более низкий критерий, в котором применялась доза в течение жизни, равная приблизительно 70 мЗв. Это привело к тому, что переселению подлежало намного большее число людей, проживавших на загрязненной территории. Принятие таких низких критериев может отчасти быть связано с тем, что критерии не были установлены до аварийной ситуации, и поэтому были разработаны в период повышенных эмоций и недоверия после аварии [88, 87].

Во время аварии в Гоянии также было весьма трудно установить ДУВ для переселения в течение аварийной ситуации ввиду ограничений по времени, политического давления и отсутствия международных руководящих материалов. В результате при разработке ДУВ использовались чрезмерно консервативные допущения, что в свою очередь привело к ненужным защитным мерам, образованию излишних количеств радиоактивных отходов и не вызванным необходимостью затратам на дезактивацию и захоронение. Кроме того, вместо того, чтобы убедить население в том, что меры были предприняты в его интересах, это создало ощущение, что риск был намного более высоким, чем это было в действительности.

Сразу же после завершения фазы аварийного реагирования в ходе аварийных ситуаций в Чернобыле, Гоянии и других местах население, государственные служащие и СМИ оказывали огромное давление, требуя принятия мер и возвращения к нормальным условиям. В случае аварии на Чернобыльской АЭС, вследствие этого давления проводились многочисленные необоснованные работы, такие как дезактивация эвакуированных зон, которые не предполагалось вновь заселять в обозримом будущем (например, Припяти) [89].

Многие из попыток дезактивации деревень после аварии на Чернобыльской АЭС оказались неэффективными из-за отсутствия надлежащего предаварийного планирования. Эти результаты создавали общее впечатление, что дезактивация городских территорий не имела смысла. Однако впоследствии в районе Новозыбкова было показано, что простые контрмеры, такие как удаление верхнего слоя почвы, специальные меры по выемке грунта и очистке крыш, могут, даже спустя от 10 до 15 лет после аварии на Чернобыльской АЭС, значительно уменьшать мощность дозы внешнего облучения [90].

В ходе реагирования на аварию в Гоянии, после официального объявления о том, что вся дезактивация завершена, была проведена дополнительная дезактивация. Это усилило обеспокоенность населения и недоверие к должностным лицам.

### 3.11.2. Выводы

Эти уроки демонстрируют важность:

- заблаговременной разработки ДУВ для различных защитных мер и включения их в аварийные меры;
- использования согласованных на международном уровне общих ДУВ и защитных мер;
- предоставления населению четких объяснений, когда и почему во время аварийной ситуации значения должны быть изменены;
- заблаговременной разработки методов и критериев для дезактивации зон (улиц, крыш, поверхностного грунта, подпочвы и т.д.) с целью снижения мощности дозы;
- избегать объявления об окончании операций по дезактивации, пока заключительная оценка не подтвердит, что были достигнуты цели снижения доз.

### 3.12. СМЯГЧЕНИЕ НЕРАДИОЛОГИЧЕСКИХ ПОСЛЕДСТВИЙ АВАРИЙНОЙ СИТУАЦИИ И РЕАГИРОВАНИЯ

Главные требования в отношении смягчения нерадиологических последствий<sup>20</sup> аварийной ситуации и реагирования, изложенные в публикации категории требований безопасности [1], касаются:

#### *Реагирования*

- рассмотрение нерадиологических последствий с целью обеспечения положения, при котором меры реагирования приносят больше пользы, чем вреда.

#### *Готовности*

- для юрисдикций в пределах аварийных зон, меры по обоснованию, оптимизации и официальному введению различных уровней вмешательства или уровней действий для сельскохозяйственных контрмер или долгосрочных защитных мер;
- меры реагирования на обеспокоенность населения.

---

<sup>20</sup> К нерадиологическим последствиям относятся психологические, экономические и другие последствия.

### 3.12.1. Замечания

Все серьезные ядерные (например, Чернобыльская) и радиологические (например, в Гоянии) аварии приводили к значительным неблагоприятным психологическим последствиям. Страхи населения, связанные с радиацией, наряду с противоречивой и запутанной информацией о событии или отсутствием надлежащей разъяснительной информации, создавали недоверие к властям и официальным экспертам и ощущение потери контроля над жизненной ситуацией. Поэтому некоторые люди предпринимали неверные и иногда вредные действия из-за неправильных представлений относительно рисков и способов их снижения<sup>21</sup>. Некоторые из лиц, проживавших вблизи места аварии, подвергались травле и социальной сегрегации.

В бывшем Советском Союзе действовала система компенсаций, предназначенная для снижения стресса у населения и содействия восстановительным операциям. Компенсация определялась прежде всего на основе места, где люди проживали в течение аварии или после нее, а не на основе риска последствий для здоровья, или же в качестве компенсации за материальные последствия (например, затрат на переселение, потери имущества или рабочих мест). Эта система породила неправильные представления о рисках для здоровья, поскольку получение финансовой компенсации подразумевало признание возможности будущих неблагоприятных последствий для здоровья.

Система компенсаций также создавала значительное бремя для стран, подвергшихся воздействию. Число людей, претендующих на получение льгот в связи с Чернобыльской аварией, со временем увеличивалось. Чернобыльские льготы поглощали ресурсы из других статей государственных расходов [91]. Политика компенсаций, осуществлявшаяся после аварии в Гоянии, также создавала проблемы: когда люди узнавали, что им положена компенсация за подвергшиеся загрязнению предметы, они требовали введения более строгих критериев для определения радиоактивного загрязнения.

### 3.12.2. Выводы

Эти уроки демонстрируют важность:

- рассмотрения и учета психологического воздействия, которое могут оказывать на лиц из населения меры, предпринятые во время серьезной аварийной ситуации и после нее;
- базирования любой системы компенсаций на заранее установленных критериях, которые четко связаны с рисками для здоровья и материальными экономическими последствиями.

---

<sup>21</sup> Воспрепятствование похоронам жертв, прекращение контактов с пострадавшими или лицами из подвергшейся воздействию зоны, отказ покупать продукты из этой зоны, отказ продавать билеты на авиалинии лицам из этой зоны, проведение аборт из-за опасений, связанных с генетическими эффектами, отказ в предоставлении лечения пострадавшим, спонтанная эвакуация и принятие неверных лекарственных препаратов.

### 3.13. ПРОВЕДЕНИЕ ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ ОПЕРАЦИЙ

Главные требования в отношении проведения восстановительных операций, изложенные в публикации категории требований безопасности [1], касаются:

#### *Реагирования*

- планирование перехода от аварийной фазы к долгосрочным восстановительным операциям и возобновлению нормальной социальной и хозяйственной деятельности;
- применение в полной мере системы защиты работников от профессионального облучения по окончании аварийной фазы.

#### *Готовности*

- разработка мер для перехода от аварийной фазы к обычной долгосрочной эксплуатации;
- установление официального процесса отмены ограничений и других мер.

#### **3.13.1. Замечания**

Как только СМИ и публика приходят к мнению, что фаза аварийного реагирования завершена, возникает интенсивное давление с целью возвращения к нормальным условиям жизни людей. В этот период времени государственные служащие склонны к принятию весьма эффективных мер, даже если они оказываются лишь минимально эффективными или даже контрпродуктивными<sup>22</sup>.

Во время аварии в Гоянии основная стратегия восстановления для зон радиоактивного заражения заключалась в их выявлении, отселении из них населения, их изоляции, дезактивации и оперативном возвращении в использование без ограничений. Зоны, в которых не могла быть проведена дезактивация до уровней, допускающих использование без ограничений, были переведены на использование под контролем властей, например, в качестве общественных территорий с поверхностным покрытием. Эти стратегии позволяли эффективно уменьшать общественные волнения и стресс.

Аварии, связанные со значительным радиоактивным загрязнением, неизбежно приводят к образованию больших количеств радиоактивных отходов [13, 92]. В Гоянии [13] и Хуаресе [93] принятие решений относительно того, где хранить отходы (как временно, так и окончательно), оказалось длительным и политически чувствительным процессом; и эта задержка оказала отрицательное воздействие на темпы осуществления всего процесса восстановления. Каждая аварийная ситуация будет отличаться от других, но вопрос "Что сделать с отходами?" будет критической проблемой с точки зрения времени. Из этого следует, что основой для ее решения должно стать общее планирование готовности.

---

<sup>22</sup> После аварии на Чернобыльской АЭС работы по дезактивации, проведенные в Припяти и других зонах, куда люди не должны были возвращаться, привели к ненужным дозам для работников

Инцидент с полонием-210 в Лондоне был продолжительным, причем фаза реагирования длилась приблизительно шесть недель, перекрываясь с фазой восстановления, которая заняла несколько месяцев. В общих рекомендациях Соединенного Королевства по 'Аварийному реагированию и восстановлению' [94] предлагается, чтобы операции по восстановлению с участием многих учреждений начинались как можно скорее после возникновения аварийной ситуации и чтобы в идеальном случае они осуществлялись совместно с самим реагированием. Цели заключаются в обеспечении того, чтобы: при планировании и выполнении реагирования были отражены долгосрочные приоритеты восстановления; в работах по восстановлению при первой возможности были задействованы соответствующие организации общественного, частного и добровольного секторов; и по завершении фазы реагирования сохранялась непрерывность управления аварийной ситуацией.

Вышеупомянутый подход был использован в инциденте с полонием-210 в Лондоне, когда Группа стратегической координации под руководством полиции приняла раннее решение об учреждении подгруппы, Рабочей группы по восстановлению (РГВ), под руководством Вестминстерского городского муниципалитета (ВГМ), действовавшего от имени различных местных лондонских властей в районах, где были расположены загрязненные участки. В течение ранних фаз реагирования РГВ разрабатывала рамочную стратегию и процессы для восстановления этих участков и освобождения их от контроля [95]. Рамочная стратегия была предназначена для применения с момента времени, когда полиция или другое соответствующее учреждение начинает проявлять интерес к определенному месту как к потенциально загрязненному, и до того времени, когда это место было освобождено от контроля как безопасное для общественного пользования. Цель состояла в обеспечении того, чтобы каждое из мест, потенциально загрязненных радиоактивным материалом, было объявлено безопасным или возвращено в состояние, безопасное для общественного использования, с учетом предполагаемого использования соответствующих мест и результатов конкретных оценок риска. Цели этой системы состояли в том, чтобы уточнить линии коммуникации и обязанности, предоставить руководящие материалы относительно характера дозиметрического контроля, необходимого для определения характеристик соответствующего радиоактивного загрязнения, и требований к восстановительным мероприятиям, включая соображения, касающиеся обращения с отходами, расположить по приоритетам потенциально загрязненные места, о которых был оповещен ВГМ, предоставить руководящие материалы для владельцев/арендаторов этих мест, и обеспечить структуру для последовательного подхода к возвращению помещений в состояние, безопасное для общественного использования.

В качестве части подготовки к действиям в случае возможных химических, биологических, радиологических или ядерных (ХБРЯ) инцидентов или инцидентов с опасными материалами правительство Соединенного Королевства ранее учредило Государственную службу дезактивации (ГСД). Она выполняет функции координации и помощи, предоставляя рекомендации и руководящие материалы тем, кто отвечает за дезактивацию, а также оценивая способность специализированных компаний в частном секторе проводить операции по

дезактивации и обеспечивая удобный доступ к их услугам. Поэтому быстро появились ресурсы для проведения восстановительных операций. Однако большинство загрязненных объектов представляли собой служебные помещения, например, служебные помещения гостиниц и рестораны, и юридическое бремя затрат ложилось на владельцев, которые должны были предъявлять иски к страховым компаниям. Это вызвало определенные задержки и создало проблемы, требующие решения правительством.

Восстановления требовали десять объектов, и пока работа была завершена, они были закрыты для нормального доступа. Это создало значительные проблемы для некоторых из лиц, работающих на этих объектах, в плане возможности обеспечения дальнейшей работы. В нескольких случаях после оценок риска было предпринято повторное контролируемое посещение с целью изъятия предметов, позволяющих облегчить решение некоторых проблем.

### **3.13.2. Выводы**

Эти уроки демонстрируют важность:

- предвидения интенсивного давления со стороны СМИ и населения, требующих возвращения к нормальным условиям жизни, которое может приводить к склонности совершать действия, не приводящие к каким-либо значимым последствиям для общественной безопасности;
- поддержания властями высокого уровня доверия с целью содействия процессу восстановления.

## **4. ТРЕБОВАНИЯ К ИНФРАСТРУКТУРЕ**

### **4.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

В настоящее время широко признается, что достижение и поддержание высокого уровня безопасности зависит от наличия надежной юридической и государственной инфраструктуры, в состав которой входит национальный регулирующий орган с четко определенными обязанностями и функциями. В случае наличия надлежащей инфраструктуры для борьбы с такими аварийными ситуациями удалось бы более эффективно смягчать тяжесть многих аварийных ситуаций. В отсутствие надлежащей инфраструктуры в сфере аварийной готовности и реагирования нельзя ожидать надлежащего выполнения аварийных функций.

### **4.2. ПОЛНОМОЧИЯ**

Главные требования в отношении полномочий, изложенные в публикации категории требований безопасности [1], касаются:

- установления посредством принятия законов, сводов законов или законодательных актов полномочий для мер в отношении готовности и реагирования;

- документального оформления ролей, функций, полномочий и обязанностей всех организаций, осуществляющих реагирование;
- распределения обязанностей, полномочий и мер по координации;
- четкого определения в планах аварийных мероприятий мер по делегированию и/или передаче полномочий.

#### 4.2.1. Замечания

В публикации категории требований безопасности [1] прямо говорится, что главная ответственность за обеспечение безопасности возлагается на оператора. Поэтому в случае аварийной ситуации оператор несет ответственность за передачу первого предупреждения и информации относительно опасностей. Однако имели место случаи, когда оператор с задержками оповещал компетентные органы за пределами площадки, проводя в то же время переговоры с руководством или пытаясь решить проблему. Это происходит, когда оператор явно не обязан оперативно уведомлять и консультировать компетентные органы за пределами площадки. Рядом стран установлено юридическое требование в отношении оповещения, и регулирующий орган после аварийных ситуаций проводит расследование с целью обеспечить выполнение этих юридических требований.

Требование в публикации по требованиям безопасности [1] прежде всего нацелено на организации или лиц, подающих заявления о выдаче официальных разрешений или уполномоченных осуществлять практическую деятельность (то есть, лицо, несущее юридическую ответственность за радиоактивный материал). Однако специфическая проблема возникает в случае деятельности, относящейся к категории угрозы IV. Например, на заводы по вторичной переработке металлов невозможно возложить формальную ответственность за обнаружение присутствия в металлоломе бесхозного источника и принятие ответных мер. Кроме того, если они действительно объявляют об этом, то на них может быть возложена ответственность за последующее обращение с отходами. Поэтому недобросовестные менеджеры могут испытывать желание скрыть присутствие такого источника и не сообщать об этом национальным компетентным органам.

Обязанности в отношении реагирования на заявленную радиационную аварийную ситуацию, вероятно, распределяются между многими местными и национальными учреждениями и могут изменяться в зависимости от характера аварийной ситуации (например, случайный или преднамеренный/преступный), соответствующего материала или вида практической деятельности, учреждения, ответственного за практическую деятельность (например, гражданское правительство, вооруженные силы или частные организации), или характера деятельности по реагированию (например, защита пищевых продуктов, охрана здоровья населения, восстановление контроля над практической деятельностью). Поскольку зачастую оперативно проводить эти различия на ранней стадии аварийной ситуации было невозможно, правительственное реагирование происходило с задержками и путаницей, что приводило к недоверию к правительству со стороны населения и

СМИ. Эти конкурирующие основы полномочий были характерны для аварийной ситуации на ТМІ, в результате чего несколько организаций неэффективно пытались выполнить одну и ту же функцию. Неправильное определение и передача информации другим организациям, осуществлявшим реагирование, означали, что были проигнорированы критические функции аварийного реагирования [47, 48]. После аварии на ТМІ эти трудности были преодолены посредством организации всестороннего процесса [96], в рамках которого все организации, наделенные определенной ролью в аварийной ситуации (например, технической, гуманитарной, и связанной с правоприменительной деятельностью), действуют на основе четко определенных и распределенных обязанностей на местном и национальном уровне.

Местные власти лучше всего приспособлены для принятия незамедлительных мер по защите населения, но они часто испытывают нехватку специализированных знаний, оборудования и средств реагирования на радиационную аварию. Эта проблема может быть усугублена в случае аварийной ситуации, связанной с деятельностью, относящейся к категории угрозы IV, если местные власти не осознают возможности возникновения такой аварийной ситуации и поэтому не подготовлены к ней.

Во время аварий на Чернобыльской АЭС и на ТМІ национальные компетентные органы взяли на себя ответственность за принятие решений относительно защитных мер, но не смогли обеспечить эффективную координацию действий с местными властями. Поэтому осуществление защитных мер задержалось на многие дни и, в случае Чернобыльской аварии, это привело к случаям радиационно-индуцированного рака щитовидной железы у детей, которых можно было избежать [87].

Во время аварийной ситуации на ТМІ национальные решения относительно реагирования принимались с ненужными задержками, поскольку, согласно закону, они должны были быть утверждены большинством голосов Комиссии по ядерному урегулированию в составе пяти членов. Введение юридических изменений, требующих назначения единственного лица, принимающего решения во время аварийной ситуации, решило эту проблему.

В Соединенном Королевстве первичным законодательством в этой области является Гражданский акт 2004 года о непредвиденных обстоятельствах, наряду с рядом вспомогательных руководящих материалов и инфраструктур [97]. В этих документах излагается единая основа гражданской обороны в Соединенном Королевстве, способная решать все виды проблем аварийного реагирования. В них установлен четкий набор ролей и обязанностей организаций, участвующих в подготовке к аварийным ситуациям и в реагировании на местном уровне, который далее является частью национальной структуры. В законодательном акте местные организации, осуществляющие реагирование, разделены на две категории, и с каждой связаны различные обязанности.

Осуществляющие реагирование организации категории 1 – это организации, осуществляющие основные меры реагирования на большинство аварийных ситуаций (например, аварийные службы, местные власти, Агентство по здравоохранению). Они обязаны выполнять весь комплекс обязанностей по защите гражданского населения.

Осуществляющие реагирование организации категории 2 (например, регулирующие органы, транспортные и энергокомпании) имеют меньший набор обязанностей: сотрудничество и обмен соответствующей информацией с другими осуществляющими реагирование организациями категорий 1 и 2. Организации категорий 1 и 2 объединяются, формируя локальные форумы по организации реагирования (ЛФОР), которые помогают координации и сотрудничеству между осуществляющими реагирование организациями на местном уровне. ЛФОР сформированы на основе зон ответственности полиции, так как в Соединенном Королевстве полиция играет инициативную роль при решении вопросов общественной безопасности.

Исследование природных и технологических опасностей показывает, что аварийное планирование имеет низкий приоритет для организаций как общественного, так и частного секторов [56, 59, 60], что затрудняет для национальных и региональных специалистов по аварийному планированию получение от юрисдикций обязательств относительно участия в нем. Подобным же образом, местные специалисты по аварийному планированию сталкиваются с трудностями при получении согласия других местных учреждений, таких как полиция, пожарные службы и службы скорой медицинской помощи, на участие их сотрудников в разработке планов аварийных мероприятий и аварийных процедур, а также в обучении, тренировках и учениях.

Были случаи, когда после аварийных ситуаций в отношении руководства операциями реагирования проводилось уголовное расследование или преследование в судебном порядке. Это, несомненно, создает значительный стресс для руководства и может приводить к задержкам в осуществлении мер реагирования даже в случае действий в пределах имеющихся полномочий и в соответствии с принятой международной практикой.

#### **4.2.2. Выводы**

Эти уроки демонстрируют важность:

- четкого определения в законодательстве обязанностей и полномочий каждой из сторон, местных и национальных компетентных органов и оператора, участвующих в аварийном реагировании, с целью обеспечения возможности оперативного принятия решений.

#### **4.3. ОРГАНИЗАЦИЯ**

Главные требования в отношении организации, изложенные в публикации категории требований безопасности [1], касаются:

- определения организационных взаимоотношений и взаимосвязей между всеми основными организациями, осуществляющими реагирование;
- определения в планах аварийных мероприятий должностей, наделенных ответственностью в каждой организации за выполнение функций реагирования;
- назначения на соответствующие должности персонала с целью выполнения необходимых функций;
- постоянного наличия и достаточной численности квалифицированного персонала.

#### 4.3.1. Замечания

Задачи и условия работы в аварийной ситуации отличаются от задач и условий в нормальной ситуации, и поэтому иными должны быть и навыки персонала, необходимые для обеспечения эффективного аварийного реагирования. Однако иногда сотрудникам предписывается выполнение обязанностей по аварийному реагированию согласно их статусу в организации, даже несмотря на понимание ими того, что они, вероятно, не в состоянии удовлетворительно исполнять эти обязанности.

В ходе реагирования на аварийную ситуацию в Гоянии местных добровольцев обучали и использовали для выполнения заданий, требовавших взаимодействия с местным населением (например, получения информации или имеющихся на местах материалов). Члены местных пожарных команд (после обучения) включались в состав групп радиологической защиты и дезактивации. Использование местных жителей уменьшало у населения ощущение того, что оно подвергается внешнему вторжению, и укрепляло общественное доверие к усилиям по аварийному реагированию [92].

Во многих случаях запрашивалась помощь через МАГАТЭ [13-28]. Эта помощь была связана с дозиметрическим контролем, реконструкцией доз, возвращением источников излучения и предоставлением медицинских экспертных знаний относительно лечения радиационно-индуцированных повреждений. Однако, согласно опыту МАГАТЭ, у некоторых стран возникали проблемы с оперативными запросами и получением этой помощи, поскольку стандартные системы, используемые ими при направлении запросов об оказании международной помощи, действуют чрезвычайно медленно.

Существуют многочисленные периодически повторяющиеся проблемы, связанные с реагированием на редкие аварийные ситуации (например, обширные лесные пожары, землетрясения), когда требуется быстрое реагирование многих различных организаций и юрисдикций, в которых используются различные командные структуры, терминология, средства связи и технические средства. Поэтому в некоторых странах (например, Канаде, Мексике, США) действует система управления операциями при инцидентах (СУОИ), предусматривающая стандартизированную терминологию и концепции операции и процесса для реагирования на всех уровнях аварийной ситуации (от местного до национального).

Одной из главных особенностей СУОИ является четкая командная цепь во главе с руководителем операций при инциденте. Это, как представляется, повышает эффективность реагирования с участием многих учреждений, позволяя оперативно интегрировать какой-либо элемент из любой осуществляющей реагирование организации в общую организацию аварийного реагирования. Применение СУОИ с целью выполнения международных требований [1] описано в [34].

#### 4.3.2. Выводы

Эти уроки демонстрируют важность:

- заблаговременного рассмотрения соответствующими организациями организационных мер аварийного реагирования, несмотря на то, что они могут считать аварийные ситуации маловероятными, и отражения этих организационных мер в планах аварийных мероприятий;
- определения для организаций обязанностей по реагированию, как можно более совместимых с их нормальными функциями; поэтому заниматься нерадиологическими аспектами реагирования следует поручать тем, кто обычно осуществляет деятельность такого рода;
- объединения в рамках планов аварийного реагирования стандартной системы использования местных учреждений и добровольцев, обеспечивая в то же время, чтобы соответствующие лица были информированы об опасностях и методах безопасной работы, подвергались тщательному дозиметрическому контролю, а их действия надлежащим образом координировались;
- разработки упрощенных и не требующих больших затрат времени процедур направления запросов об оказании международной помощи.

#### 4.4. КООРДИНАЦИЯ АВАРИЙНОГО РЕАГИРОВАНИЯ

Главные требования в отношении координации аварийного реагирования, изложенные в публикации категории требований безопасности [1], касаются:

- разработки мер для координации реагирования;
- мер координации для оценок доз и последствий для здоровья между различными организациями или государствами;
- мер для обеспечения того, чтобы все государства в пределах определенных аварийных зон получали информацию для развития собственной готовности реагировать на аварийную ситуацию, и для обеспечения трансграничной координации.

#### 4.4.1. Замечания

Во время некоторых аварийных ситуаций завершающая работу смена не проводила надлежащего инструктажа новой смены, что ухудшало реагирование [9]. Во время аварии в Гоянии надлежащая передача информации от одной группы к другой обеспечивалась благодаря наличию графиков проведения инструктажа заменяющего персонала и организации постепенной замены.

В странах происходили радиационные аварийные ситуации, во время которых различные национальные организации, осуществлявшие реагирование, не были информированы об ответственности других организаций, осуществлявшие реагирование, и не признавали ее. Это приводило к задержкам и путанице. Некоторые учреждения или министерства ошибочно полагали, что они принимают участие просто потому, что в этом убеждены общественность или высшие должностные лица; это также отрицательно сказывалось на аварийном реагировании [63, 66].

В некоторых странах были учреждены местные координационные комитеты, включавшие все организации, наделяемые ролью при реагировании на аварийные ситуации, связанные с опасными материалами [56]. Опыт показывает, что эти комитеты укрепляют не только координацию, но также и взаимное доверие и информированность; для этого они должны регулярно проводить совещания. Такие комитеты более эффективны, когда в их составе имеется штатный координатор, ответственный за административную/логистическую деятельность и имеющий доступ к учебным материалам и информации относительно угрозы и ресурсов, которыми располагают их собственное и соседние сообщества.

Реагирование сообществ на катастрофы оказывается более эффективным, когда организации, осуществляющие аварийное реагирование, сотрудничают в разработке планов и процедур и совместно проводят обучение, тренировки, учения и критический анализ [56, 59, 98].

Координация информации и рекомендаций для населения была обсуждена ранее. Однако она является важным вопросом, и это следует подчеркнуть. Во время аварии на ТМІ в регулирующий орган почти сразу же был направлен запрос об оценке ситуации. Однако роль регулирующего органа не была четко определена в плане аварийных мероприятий, и поэтому он оказался неспособным отреагировать в требуемые сроки или на основе правильного понимания ситуации на любые полученные запросы. Эффективность реагирования на эту аварию значительно повысилась, когда с целью координирования национального реагирования и предоставления информации СМИ вблизи места возникновения аварийной ситуации был создан единый центр аварийных операций. После аварии на ТМІ регулирующим органом были приняты меры по разъяснению его роли в случае аварийной ситуации, упрощению действовавшего в нем процесса принятия решений и созданию условий для активизации технических и других групп, прошедших специальное обучение и подготовку с целью оценки аварийных условий и выполнения других видов деятельности по реагированию [99].

Также во время аварии на ТМІ всем округам в радиусе 20 миль от станции было предписано разработать эвакуационные планы [100]. В ходе независимой разработки эвакуационных планов два округа к западу от станции решили изменить на обратное направление движения транспорта на автостраде. К сожалению, расположенные севернее округа решили направить все движение на юг, а округа, расположенные южнее, решили направить все движение на север. Впоследствии специалисты по планированию из государственного агентства по борьбе с аварийными ситуациями обнаружили конфликт между этими двумя планами. Большой пробки удалось избежать только потому, что вместо ожидаемой эвакуации в радиусе 20 миль было дано указание об эвакуации беременных женщин и детей дошкольного возраста в радиусе пяти миль.

Специфическая проблема возникла, когда в целях обеспечения физической безопасности и безопасности были разработаны различные и нескоординированные планы реагирования. Например, реагирование на действия нарушителя [101] приводило по существу к блокированию всех дверей на атомной электростанции, что создавало помехи активации аварийных центров, коммуникациям за пределами площадки и оповещению. После террористического акта, связанного с радиоактивным источником, цели служб безопасности – сбор доказательств и т.д. – могут вступать в противоречие с целью тех, кто обеспечивает безопасность – уменьшением облучения людей.

#### **4.4.2. Выводы**

Эти уроки демонстрируют важность:

- эффективной координации аварийного реагирования, которая достигается посредством надлежащего заблаговременного планирования, включая создание соответствующей структуры управления, как обсуждено в предыдущем подразделе;
- использования местных комитетов аварийного планирования и совместного проведения учебных программ, тренировок и учений, способствующих осуществлению процесса;
- организации четких мер по передаче работ, поскольку многие аварийные ситуации длятся многие дни и даже недели;
- эффективной координации планов аварийного реагирования с соответствующими планами служб безопасности.

#### **4.5. ПЛАНЫ И ПРОЦЕДУРЫ**

Главные требования в отношении планов и процедур, изложенные в публикации категории требований безопасности [1], касаются:

- учреждения мер по координации национального реагирования, включая указание организации, ответственной за эти меры, обязанностей операторов и других организаций, осуществляющих реагирование, и описание координации с мерами реагирования в случае обычной аварийной ситуации;

- подготовки каждой организацией, осуществляющей реагирование, планов по координации предписанных ей функций;
- базирования планов аварийного реагирования на оценке угроз;
- координации этих планов с любыми другими планами, которые могут осуществляться в аварийной ситуации;
- обязанностей ответственных компетентных органов по обеспечению подготовки планов аварийных мероприятий, участия организаций, осуществляющих реагирование, в подготовке планов аварийных мероприятий, учета в планах аварийных мероприятий результатов любой оценки угрозы и уроков опыта эксплуатации и аварийных ситуаций с аналогичными источниками, и периодического рассмотрения и обновления этих планов;
- содержания планов аварийных мероприятий, включая распределение обязанностей, указание эксплуатационных параметров, которые могут приводить к необходимости вмешательства, уровни вмешательства, процедуры, включая меры по обеспечению связи, методологию и контрольно-измерительную аппаратуру для оценки аварийной ситуации и ее последствий, меры по информированию населения и критерии прекращения каждой защитной меры;
- подготовки плана аварийных мероприятий установкой или практической деятельностью, относящейся к категории угрозы I, II, III или IV, в координации с планами других организаций;
- содержания плана аварийных мероприятий для установки или практической деятельности, относящейся к категории угрозы I, II, III или IV;
- разработки эксплуатирующими и осуществляющими реагирование организациями необходимых процедур, аналитических средств и компьютерных программ для выполнения необходимых функций;
- тестирования процедур, аналитических средств и компьютерных программ;
- осуществления оператором планов аварийных мероприятий на площадке;
- осуществления организациями, осуществляющими реагирование, планов аварийных мероприятий за пределами площадки и любых трансграничных планов.

#### **4.5.1. Замечания**

Важность наличия четких планов аварийных мероприятий и процедур уже была обсуждена в настоящей публикации. Отсутствие таких заранее разработанных планов и процедур затрудняло реагирование на многие аварийные ситуации [14, 30, 77].

Проблемы также возникают в случае, когда планы аварийных мероприятий разрабатываются без участия тех, кто будет фактически осуществлять их. Участие всех соответствующих организаций в разработке планов аварийных мероприятий позволяет выявлять ошибки в предположениях относительно возможностей реагирования, улучшает понимание возможностей других организаций, осуществляющих реагирование, улучшает понимание того, что от них ожидается и позволяет определить необходимые ресурсы. Оно также способствует повышению ответственности и тем самым приверженности успешному осуществлению плана.

Четко определенные процедуры позволяют улучшить выполнение трудных задач, решаемых в ходе аварийной ситуации. Однако многие процедуры оказались неэффективными в аварийных условиях, поскольку они были плохо разработаны, требовали больше времени или информации, чем имелось в распоряжении, пользователи не имели необходимых экспертных знаний или подготовки, или же эти процедуры не были совместимы с другими элементами системы реагирования. Эффективность процедур может быть оценена посредством их тестирования в реалистических аварийных условиях во время тренировок и учений.

Реагирование на аварийные ситуации в Чернобыле и Гоянии показало, что решения об осуществлении затрагивающих население защитных мер могут приниматься должностными лицами, не являющимися специалистами по защите от излучений и поэтому принимающими решения на основе своего собственного понимания как радиационного риска, так и социальных и политических проблем.

Авария на Чернобыльской АЭС ясно показала, что не были приняты меры на случай маловероятных событий с серьезными последствиями. Например, невыполнение мер по оперативному ограничению потребления произведенных на местах молока и овощей после аварии с серьезным повреждением активной зоны привело к случаям радиационно-индуцированного рака щитовидной железы. Кроме того, многие пожарные и другие работники, принимавшие участие в реагировании на площадке, умерли, получив высокие дозы облучения. Они не имели возможности измерить уровни мощности дозы (способные привести к летальному исходу при воздействии в течение нескольких минут), и не обучались или не были оснащены для работы в тяжелых условиях аварии.

Авария в Гоянии [13] и другая также связанная с источником для лучевой терапии авария подобного масштаба в Хуаресе, Мексика [29, 93] являются примерами маловероятных радиологических событий, которые привели к значительным последствиям в общественной сфере. Эти аварийные ситуации возникают в непредсказуемых местах и имеют непредсказуемые последствия. Точно так же не могут быть предсказаны место и последствия события, связанного с использованием террористами радиологического рассеивающего устройства.

В течение многих лет в Соединенном Королевстве действует интегрированная система аварийного реагирования на все виды опасностей [94]. Отправным пунктом для ее разработки стали уроки аварии на АЭС "Три-Майл Айленд", а также опыт борьбы с наводнениями, пожарами химических реагентов и т.п. Угроза возможных террористических атак с использованием веществ, относящихся к категориям ХБРЯ, усилила необходимость использования интегрированного

подхода для всех видов опасностей. Какой бы ни была аварийная ситуация, затрагивающая общественный сектор, инициативную роль берет на себя полиция. В случае серьезной аварийной ситуации она создает Группу стратегической координации (ГСК), которой она руководит. В состав ГСК входят старшие представители аварийных служб, Национальной службы охраны здоровья, местных властей, энергопредприятий и научных/регулирующих органов. Эти организации вырабатывают рекомендации и выполняют собственные определенные для них обязанности, в то время как полиция осуществляет руководство реагированием. Если аварийная ситуация имеет национальную важность, например, в случае наводнения на большой территории или одновременных террористических атак в ряде мест, то полиция продолжает осуществлять руководство на местах, но вопросами национальной координации и политики занимается правительство через группу, известную как Комитет по гражданской обороне (КГО), размещенный в специальном центре кризисного управления, зале совещаний секретариата кабинета министров (ЗССКМ). Для каждого типа аварийной ситуации имеется назначенный ведущий правительственный департамент, который возглавляет КГО в случае, если премьер-министр сам не делает это.

Эта система использовалась при реагировании на самые различные аварийные ситуации; она также регулярно применялась в ситуациях, связанных с ядерными площадками и возможными террористическими атаками. Так, 7 июля 2005 года, когда в транспортной системе Лондона террористами были взорваны четыре бомбы, различным организациям, осуществляющим реагирование, были четко известны свои соответствующие роли и обязанности, и существовала четкая командная и контрольная структура с использованием полиции [102]. Эти меры также использовались в ходе инцидента с полонием-210 в Лондоне в 2006 году, и результат был хорошим. В обоих инцидентах были задействованы многие учреждения, осуществляющие реагирование, причем каждое из них имело представителей или было представлено курирующим его правительственным ведомством в ГСК и ГКО. Опыт различных предшествующих аварийных ситуаций показал необходимость наличия также определенных перекрестных связей с консультантами из одного учреждения, встроенных в структуру реагирования другого, с которым было необходимо тесное сотрудничество. Это налагает определенные требования в отношении ресурсов старших сотрудников, но должно быть учтено в организационных планах и соответствующих учебных программах.

Имели также место серьезные радиологические аварийные ситуации, связанные с переоблучением и возникшие вследствие того, что операторы (например, рентгенологи) портативных опасных источников пытались устранить или смягчить аномальные условия. Эти переоблучения стали следствием не отвечающих требованиям процедур, обучения и оснастки, а также недостаточного понимания основных принципов радиационной безопасности и принципов действия используемых устройств [30].

#### 4.5.2. Выводы

Эти уроки демонстрируют важность:

- наличия заранее разработанных планов аварийного реагирования, которые должны быть изложены письменно, доведены до сведения всех, кого они касаются, должны охватывать весь спектр возможных аварийных ситуаций, включая маловероятные события с серьезными последствиями, должны быть включены в программу управления аварийными ситуациями, учитывающую все опасности, и должны дополняться письменными процедурами;
- уделения особого внимания интеграции планов аварийного реагирования с мерами реагирования на террористические и другие криминальные угрозы, связанные с радиоактивным материалом;
- разработки общих планов и процедур, способных обеспечить наличие командно-контрольной инфраструктуры, и возможности привлечения экспертных знаний и ресурсов в случае аварийных ситуаций, связанных с установками и видами практической деятельности, относящимися к категории угрозы I, II, III или IV.

#### 4.6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ ПОДДЕРЖКА И ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Главные требования в отношении материально-технической поддержки и обеспечения, изложенные в публикации категории требований безопасности [1], касаются:

- предоставления надлежащих инструментов, приборов, принадлежностей, материалов, оборудования, систем связи, помещений и документации;
- в случае установок, относящихся к категории угрозы I или II, выделения аварийных помещений для координации мер реагирования на площадке, координации локальных мер реагирования за пределами площадки, координации национальных мер реагирования, координации мер по информированию населения и координации мониторинга и оценки за пределами площадки;
- в случае установок, относящихся к категории угрозы I, обеспечения наличия на площадке центра аварийного управления;
- назначения лабораторий для выполнения анализа проб окружающей среды и биологических проб, а также измерения внутреннего радиоактивного загрязнения;
- назначения национального аварийного центра или учреждения для координации мер реагирования и информирования населения;
- мер по получению поддержки от организаций, ответственных за оказание такой поддержки.

#### 4.6.1. Замечания

Ресурсы, необходимые для использования при реагировании на аварию в Гоянии, имелись в Рио-де-Жанейро или в Сан-Паулу, на расстоянии более чем 1300 км. Это создавало серьезные логистические проблемы. В ходе этого события Бразилия мобилизовала все имевшиеся ресурсы и запросила международную помощь согласно Конвенции о помощи в случае ядерной аварии или радиационной аварийной ситуации [13, 51]. Областями, в которых требовались экспертные знания, были лечение пациентов, развертывание и поддержание потенциала в сферах дозиметрического контроля, логистики, биоанализа, индивидуальной дозиметрии и анализа проб окружающей среды. В период наиболее интенсивных работ, в операциях по дезактивации окружающей среды были задействованы более семисот работников. Персонал необходимо было обучить пользованию оборудованием для дозиметрического контроля, и на площадке требовались такие вспомогательные технические средства, как: средства ремонта оборудования для дозиметрического контроля, специальная прачечная для обработки загрязненных предметов, транспортабельный счетчик излучения всего тела и установка для изготовления контейнеров для отходов.

Имели место случаи, когда помещения щита управления установки использовались одновременно для поддержки аварийного реагирования и выполнения функций, связанных с эксплуатацией. Например, во время аварии на ТМІ в определенный момент времени в помещении щита управления находилось более 40 человек. Связанные с этим шум и теснота создавали помехи аварийному реагированию персонала в помещении щита управления [9, 53]. В ходе того же события в течение первых нескольких дней после начала события в помещение щита управления поступило более 4000 телефонных звонков. Это привело к блокированию телефонных линий и не позволило получить важную информацию, связанную с управлением реагированием [9]. В ходе того же события техническая помощь, предоставляемая операторам, не отвечала потребностям, поскольку технические средства, инструменты и обучение не были предназначены для использования при реагировании на тяжелую аварию [53].

Вскоре после того, как население узнало о событии, которое оно восприняло как значительное, в зоне события возникли перегрузки и иногда отказы общественных систем телефонной связи. Это не позволяло регулирующему органу поддерживать связь с площадкой в течение аварии на ТМІ и затрудняло многие другие действия в рамках официального аварийного реагирования.

Опыт показывает, что регулярное использование аварийных технических средств, оборудования и других ресурсов обеспечивает экономию затрат, позволяет ознакомить тех, кто осуществляет аварийное реагирование, с ресурсами, которые они будут использовать, и обеспечивает поддержание в надлежащем состоянии используемого для этих целей оборудования. Однако эти полезные результаты не будут реализованы, если отсутствуют меры контроля, обеспечивающие готовность этих ресурсов во время аварийной ситуации.

В ходе многих аварийных ситуаций возникшие проблемы были следствием несовместимости оборудования связи и/или частот радиосвязи у различных организаций, осуществлявших реагирование.

Во время реагирования на аварийные ситуации [13] происходили отказы оборудования для мониторинга окружающей среды и другого оборудования или оказывалось, что оно непригодно к использованию в существующей экологической обстановке и условиях работы, таких как высокие температуры, яркий солнечный свет, дождь, резкие изменения температуры, высокая влажность или неосторожное обращение. Это явилось следствием того, что оборудование отбиралось на основе его функциональности в лабораторных условиях, а не пригодности для работы в полевых условиях.

В ходе реагирования на аварийные ситуации возникали проблемы, когда оборудование оказывалось слишком сложным для того, чтобы оно могло использоваться персоналом с ограниченными подготовкой и опытом работы в реальных аварийных условиях. Кроме того, в ходе аварийных ситуаций с участием многих организаций возникали проблемы, когда каждая организация проводила дозиметрический контроль окружающей среды с помощью своего собственного оборудования, не учитывая необходимости согласования калибровки и процедур.

В нормальных условиях местные учреждения, такие, как полиция, пожарные и работники коммунальных служб, пользуются радиосвязью на различных частотах во избежание перегрузки систем связи и создания помех работе друг друга. Однако это может создать проблему в аварийных ситуациях, поскольку может возникнуть необходимость связи между различными учреждениями. Это было критической проблемой во время террористических нападений 11 сентября на Всемирный торговый центр в Нью-Йорке, так как источники, близкие к полицейскому отделению, быстро поняли неизбежность разрушения башен. К сожалению, эту информацию не удалось своевременно передать пожарным командам, так чтобы они могли провести эвакуацию из здания. Отсутствие интероперабельности средств связи привело к увеличению числа пожарных, погибших при выполнении операций реагирования [103].

#### **4.6.2. Выводы**

Эти уроки демонстрируют важность:

- определения требований, предъявляемых спектром событий к осуществляющим реагирование организациям в плане ресурсов;
- удостоверения в том, что аварийные бригады ознакомлены со средствами и оборудованием, предназначенными для использования в аварийной ситуации;
- удостоверения в том, что оборудование легкодоступно в случае аварийной ситуации и пригодно для использования в тех условиях окружающей среды, в которых оно будет использоваться;

- обеспечения постоянной готовности каналов связи, включая разнообразные и имеющие резервирование системы телефонной связи, и совместимости частот радиосвязи.

#### 4.7. ОБУЧЕНИЕ, ТРЕНИРОВКИ И УЧЕНИЯ

Главные требования в отношении обучения, тренировок и учений, изложенные в публикации категории требований безопасности [1], касаются:

- определения оператором и организациями, осуществляющими реагирование, уровня знаний, квалификации и компетентности, необходимых для выполнения требуемых функций, и принятия мер с целью обеспечения того, чтобы персонал обладал необходимыми знаниями, квалификацией, компетенцией, оборудованием и процедурами и другими средствами для выполнения порученных ему функций реагирования;
- в случае установок, относящихся к категории угрозы I, II или III, инструктажа всех лиц, находящихся на площадке, относительно мер по их оповещению об аварийной ситуации и относительно действий при получении оповещения об аварийной ситуации;
- в случае установки или практической деятельности, относящейся к категории угрозы I, II или III, осуществления программ учений для аварийного реагирования и всех организационных взаимосвязей, а также, для категории угрозы IV или V, тестирования программ национального уровня;
- участия персонала, ответственного за критические функции реагирования, в учениях или тренировках;
- обучения должностных лиц за пределами площадки, ответственных за принятие решений о защитных мерах, и их участия в учениях;
- в случае установок, относящихся к категории угрозы I, II или III, оценки проведения учений с учетом установленных целей реагирования.

##### 4.7.1. Замечания

Опыт научных исследований и эксплуатации показывает, что сообщества осуществляют более эффективное реагирование в ходе катастроф, если они обучены выполнению планов аварийных мероприятий и процедур, проводят тренировки с целью оценки индивидуальных действий, проводят ежегодные учения с целью оценки эффективности планов, процедур и обучения и выполняют критический анализ с целью определения областей, в которых необходимы улучшения [56, 98].

Еще одна общая проблема заключается в том, что лица, занимающие руководящие должности (например, главы национальных или местных органов власти) в осуществляющей реагирование организации, зачастую не принимают участия в обучении или учениях и поэтому не знают, что делать, когда к ним обращаются в трудных ситуациях реагирования.

Отсутствие или низкое качество обучения часто упоминается в качестве одного из уроков в обзорах реагирования на аварийные ситуации. Главная причина отсутствия обучения аварийному реагированию заключалась в том, что оно считалось маловажным вопросом. Другие проблемы, связанные с обучением, заключались в следующем:

- оно не было ориентировано на формирование специальных знаний, навыков и установок, необходимых осуществляющим реагирование лицам при выполнении поставленных им задач по реагированию в ходе аварийной ситуации;
- не проводилось переподготовки (с целью обновления знаний);
- обучение не проводилось в условиях, имитирующих условия аварийной ситуации;
- обучение проводилось в индивидуальном порядке, а не с целью подготовки к работе в составе групп;
- обучением не были охвачены все лица и организации, привлекаемые к реагированию в реальных ситуациях;
- не проводилось оценок, обеспечивающих надлежащее проведение обучения.

Исследования и опыт показывают, что тренировки в составе групп эффективны с точки зрения развития и тестирования навыков групповых действий. Однако для интеграции группы в организацию, осуществляющую аварийное реагирование, необходимы учения с участием всех аварийных групп [104].

Исследования также показывают, что для эффективного выполнения заданий требуется обучение с целью развития знаний, навыков и установок, с тем чтобы работники знали, что следует делать в той или иной ситуации. Кроме того, важно также развивать экспертные знания в сферах решения проблем, оценки стратегий с точки зрения перспектив их успешности и определения времени, требуемого для успешного завершения задания [104].

Одна из проблем переподготовки заключается в том, что зачастую она оказывается повторяющейся и неинтересной, вызывая нежелание участвовать в ней и серьезно относиться к ней. Эта проблема становится менее острой, если при переподготовке основное внимание уделяется наиболее важным, трудным и нечасто выполняемым задачам и если она включает изучение новых стратегий и анализ опыта [104].

Часто учения основываются на нереалистичных сценариях, с тем чтобы обеспечить активацию и демонстрацию всех функций реагирования в течение обычного рабочего дня. Сами по себе они не моделируют многих важных аспектов реальных аварийных ситуаций и поэтому способны приводить к ложным ожиданиям, которые могут оказаться вредными при реагировании на реальную аварийную ситуацию.

#### **4.7.2. Выводы**

Эти уроки демонстрируют важность:

- обеспечения надлежащего обучения реагированию всех лиц и организаций, действующих в аварийной ситуации;
- разработки программ обучения с целью развития навыков решения проблем и работы в составе группы;
- переподготовки, включающей интересные задания для лиц, осуществляющих реагирование, с тем побудить их принять в ней участие;
- обеспечения выполнения координированных программ обучения, тренировок и учений с участием всех лиц и организаций, играющих определенную роль в аварийной ситуации;
- планирования учений на основе реалистических сценариев.

#### **4.8. ПРОГРАММА ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА**

Главные требования в отношении программы обеспечения качества, изложенные в публикации категории требований безопасности [1], касаются:

- для оператора установки, практической деятельности или источника, относящихся к категории угрозы I, II, III или IV, и организаций, осуществляющих реагирование за пределами площадки, введения программы проверки качества;
- для оператора установки, практической деятельности или источника, относящихся к категории угрозы I, II, III или IV, и организаций, осуществляющих реагирование за пределами площадки, введения мер по рассмотрению и оценке реагирования в аварийных ситуациях и во время тренировок и учений с целью внесения необходимых улучшений.

##### **4.8.1. Замечания**

Во время реагирования на некоторые аварийные ситуации оборудование, материалы и средства, необходимые для реагирования, не всегда имелись в наличии или не отвечали требованиям, поскольку они:

- (a) не были закуплены заранее;
- (b) не находились там, где необходимо;

- (с) были заимствованы и не возвращены на склады аварийного оборудования;
- (d) не были готовы к работе, когда это было необходимо;
- (е) не были обеспечены надлежащим обслуживанием или калибровкой;
- (f) эксплуатировались с превышением рекомендованного срока службы.

Это было, прежде всего, следствием того, что аварийные ситуации - это редкие события и поэтому оборудование, средства и ресурсы, предназначенные исключительно для аварийного реагирования, обычно не используются и не имеется надлежащей программы, обеспечивающей поддержание этих ресурсов. Опыт также показывает, что аварийное реагирование затрудняли устаревшие списки оповещения, процедуры и другая документация.

Кроме того, программы обучения, уровни укомплектования персоналом и аварийные процедуры, возможно, не поддерживались в надлежащем состоянии и не осуществлялись с соблюдением требуемых стандартов.

Тренировки и учения – это эффективные способы определения того, отвечают ли требованиям план, организация, укомплектование персоналом, процедуры, обучение, средства, оборудование и ресурсы. Однако во многих случаях отсутствовали положения по выявлению и учету уроков.

Уроки, выявленные при рассмотрении реагирования на реальные аварийные ситуации, такие, как изложенные в различных публикациях МАГАТЭ [11–31], могут дать полезную информацию, которая может быть использована при улучшении аварийных мер. Поэтому МАГАТЭ рекомендует государствам направлять запросы о проведении рассмотрения после серьезной аварийной ситуации и делать результаты этого рассмотрения широкодоступными. Оценки и внешнее независимое авторитетное рассмотрение аварийных мер, выполненные на этапе обеспечения готовности, также оказались эффективными для определения областей, где могут быть внесены улучшения.

#### **4.8.2. Выводы**

Эти уроки демонстрируют важность:

- разработки программы обеспечения качества, касающейся мер аварийного реагирования;
- использования информации, полученной в ходе тренировок, учений и реальных аварийных ситуаций, для улучшения мер аварийного реагирования – планов, процедур, оборудования, ресурсов и т.п.;
- внутренних и внешних проверок и оценок с целью выявления слабостей в аварийных мерах.

## 5. ВЫВОДЫ

Уроки этих инцидентов и аварийных ситуаций подтверждают требования, изложенные в публикации категории требований безопасности МАГАТЭ [1]. Фактическое выполнение требований безопасности в области аварийной готовности и реагирования помогает установить надлежащий уровень готовности и реагирования в случае радиационной аварийной ситуации в государстве. Их осуществление также помогает свести к минимуму последствия любой радиационной аварийной ситуации для людей, имущества и окружающей среды [1].

**ДОПОЛНЕНИЕ I**  
**ОПИСАНИЕ ДЕСЯТИ ДОКУМЕНТАЛЬНО**  
**ЗАРЕГИСТРИРОВАННЫХ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ**

**1. АВАРИЯ НА АТОМНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ "ТРИ-МАЙЛ АЙЛЕНД" (ТМІ)**

Как и в большинстве реакторов, в реакторе АЭС ТМІ было предусмотрено три барьера, лишь при отказе которых был возможен значительный выброс радиоактивного материала, приводящий к облучению населения. Имеются топливные стержни (первый барьер), образующие активную зону, в которой протекает ядерная реакция. Активная зона окружена системой теплоносителя (второй барьер), одна из функций которой – постоянно держать активную зону покрытой водой. В состав системы теплоносителя входят питательные насосы, автоматически пополняющие возможные потери воды. Активная зона и система теплоносителя заключены в очень большую и прочную конструкцию, называемую защитной оболочкой (третий барьер), назначение которой - предотвратить выброс в атмосферу любого радиоактивного материала, высвобождающегося из активной зоны и системы теплоносителя. Активная зона должна всегда находиться под водой, иначе она разогреется, и топливные стержни, содержащие топливо, начнут разрушаться, вскоре после чего начнется расплавление топлива. В случае расплавления активной зоны происходит выброс в защитную оболочку больших количеств радиоактивного материала. Расплавление активной зоны может также приводить к возникновению условий, вызывающих непрогнозируемый отказ защитной оболочки. Станция спроектирована таким образом, чтобы предотвратить расплавление активной зоны, но ее конструкция не предотвращает выброса в случае расплавления активной зоны.

Авария началась 28 марта 1979 года приблизительно в 04:00, когда остановился насос, подающий питательную воду в парогенератор. Это событие не было серьезным, система безопасности станции должна была легко справиться с ним. Система безопасности сработала в штатном режиме и остановила станцию (прекратила ядерную реакцию). Во время останова не закрылся клапан, и это привело к тому, что из системы теплоносителя начала сбрасываться вода. Эта потеря воды была обнаружена системой безопасности, которая запустила насосы, начавшие подачу воды с целью компенсации ее потерь и обеспечения таким образом режима, в котором активная зона постоянно покрыта водой. В этот период времени один из приборов в помещении щита управления ошибочно показывал, что в системе теплоносителя было слишком много воды. Операторы, действуя согласно процедурам и обучению, выключили некоторые из насосов системы безопасности, компенсирующих потери воды. Через несколько часов активная зона обнажилась и начала расплавляться, вследствие чего в течение нескольких минут произошел выброс в защитную оболочку приблизительно 40% всего радиоактивного материала, содержащегося в активной зоне. Это количество радиоактивного материала было приблизительно таким же, как при выбросе в атмосферу во время аварии на Чернобыльской АЭС. Уровень радиации в некоторых частях станции и защитной оболочки быстро увеличился в 1000 или более раз по сравнению с нормальным. Однако операторы, даже несмотря на эти

бесспорные признаки расплавления активной зоны, были все еще не в состоянии понять, что активная зона более не охлаждалась. Спустя несколько часов операторы запустили достаточное число насосов, что позволило покрыть расплавившуюся активную зону водой. Для охлаждения объема расплавившейся активной зоны потребовалось несколько часов. Защитная оболочка, хотя она и не была рассчитана на эти условия, осталась по существу неповрежденной, и в атмосферу была выброшена лишь весьма небольшая часть радиоактивного материала, так что облучение населения было незначительным. Лишь через несколько дней стало ясно, что опасность большого выброса миновала. Факт расплавления активной зоны был установлен лишь через несколько лет.

Как было обсуждено выше, спустя два дня после расплавления активной зоны беременным женщинам и детям дошкольного возраста было рекомендовано покинуть зону радиусом 5 миль [63]. Однако в результате проведенного КЯР расследования было установлено, что было целесообразно рекомендовать предупредительную эвакуацию приблизительно во время процесса повреждения активной зоны, поскольку «здание защитной оболочки ... заполнялось высокорadioактивным газом и парами, так что защиту проживающего вблизи населения обеспечивал только один оставшийся барьер – защитная оболочка – барьер с известным уровнем утечек, для возникновения утечек через который было необходимо только внутреннее давление» [66]. Кроме того, рекомендация нескольким тысячам беременных женщин и дошкольных детей эвакуироваться привела к эвакуации всех семей, и, согласно оценкам, из зоны в радиусе 40 километров от станции было эвакуировано более 100 000 человек.

## 2. АВАРИЯ НА ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АТОМНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

Эта авария произошла на Чернобыльской атомной электростанции в северной Украине 26 апреля 1986 года и привела к выбросу в атмосферу больших количеств радиоактивных веществ, прежде всего радиоактивных изотопов цезия и йода. Выбросы вызвали загрязнение больших территорий в Беларуси, Российской Федерации и Украине и, в меньшей степени, в других странах. Они привели к получению значительными группами населения доз внутреннего и внешнего облучения.

Авария на Чернобыльской АЭС привела к гибели в течение нескольких дней или недель 30 работников электростанции и пожарников (включая 28 смертельных случаев, которые стали следствием облучения). Кроме того, приблизительно 240000 работников, принимавших участие в аварийно-восстановительных работах (также называемых «ликвидаторами» или «лицами, участвовавшими в работах по очистке»), были привлечены в 1986 и 1987 годах к участию в основных работах по смягчению последствий на реакторе и в пределах 30-километровой зоны вокруг реактора. Завершающие работы по смягчению последствий продолжались в относительно крупных масштабах вплоть до 1990 года. В общей сложности приблизительно 600 000 человек (гражданских лиц и военных) получили специальные свидетельства, подтверждающие их статус ликвидаторов согласно законам, обнародованным в Беларуси, Российской Федерации и Украине [32, 39].

Кроме того, мощные выбросы радиоактивных материалов в атмосферу привели к тому, что из районов вокруг реактора в течение 1986 года пришлось эвакуировать более 116000 человек, а затем после 1986 года отселить еще 220000 человек из Беларуси, Российской Федерации и Украины.

Авария на Чернобыльской атомной электростанции произошла во время инженерных испытаний на низкой мощности, проводившихся на реакторе четвертого энергоблока. Нештатная, неустойчивая работа реактора привела к возникновению неконтролируемого скачка мощности, который вызвал ряд последовательных паровых взрывов, серьезно повредивших здание реактора и полностью разрушивших реактор.

Выбросы радионуклидов из поврежденного реактора происходили главным образом в течение десятидневного периода, но с неодинаковой интенсивностью. С радиологической точки зрения наиболее важными радионуклидами, которые необходимо учитывать, являются  $^{131}\text{I}$  и  $^{137}\text{Cs}$ , поскольку с ними связана большая часть облучения, полученного в целом населением. Согласно оценкам, активность выбросов  $^{131}\text{I}$  и  $^{137}\text{Cs}$  составляла соответственно 1760 и 85 ПБк [90] (1 ПБк= $10^{15}$  Бк). Однако следует отметить, что дозы были оценены на основе измерений в окружающей среде и в щитовидной железе или организме человека и что для этой цели не было необходимо знание активностей выбросов.

Три основных зоны радиоактивного загрязнения, определенных как зоны, в которых плотность выпадений  $^{137}\text{Cs}$  превышает 37 кБк/кв. м (1 Ки/кв. км), находятся в Беларуси, Российской Федерации и Украине; они названы Центральной зоной, зоной Гомельской-Могилевской-Брянской областей и зоной Калужской-Орловской областей. Центральная зона охватывает территории в пределах приблизительно 100 км от реактора, преимущественно к западу и северо-западу от него. Центр зоны радиоактивного загрязнения в Гомельской-Могилевской-Брянской областях находится на расстоянии 200 км к северо-северо-востоку от реактора, на границе Гомельской и Могилевской областей в Беларуси и Брянской области в Российской Федерации. Зона Калужской-Тульской-Орловской областей расположена в Российской Федерации, приблизительно в 500 км к северо-востоку от реактора. В общей сложности, как показано в [39, Annex J; 56, Appendix A], в бывшем Советском Союзе были загрязнены территории площадью приблизительно 150 000 кв. км. На этих территориях проживают приблизительно пять миллионов человек.

Вне бывшего Советского Союза имелось много зон в северной и восточной Европе с плотностью выпадений  $^{137}\text{Cs}$  в диапазоне 37–200 кБк/кв. м. Площадь этих зон составляет 45 000 кв. км или около одной трети площади загрязненных зон в бывшем Советском Союзе.

Самые высокие дозы были получены приблизительно шестьюстами аварийными работниками, находившимися на площадке Чернобыльской АЭС в течение ночи аварии. Наиболее важным было внешнее облучение, поскольку ингаляционное поступление радионуклидов в большинстве случаев было относительно небольшим. Острая лучевая болезнь была подтверждена у 134 из этих аварийных работников. Сорок один из этих пациентов получил дозы облучения на все тело от

внешнего облучения, не превышавшие 2,1 Гр. Девяносто три пациента получили более высокие дозы, и у них был отмечен более тяжелый синдром острой лучевой болезни: 50 человек с дозами от 2,2 до 4,1 Гр, 22 – с дозами от 4,2 до 6,4 Гр и 21 – с дозами от 6,5 до 16 Гр. Кожные дозы от бета-облучения, оцененные для восьми пациентов с острой лучевой болезнью, находились в диапазоне 10 – 30-кратной величины доз внешнего облучения на все тело.

Дозы на щитовидную железу, полученные эвакуируемыми, были различными, в зависимости от возраста, места жительства и даты эвакуации. Например, у жителей Припяти, которые были эвакуированы по существу в течение 48 часов после аварии, взвешенная средняя доза на щитовидную железу у населения, согласно оценке, составляет 0,17 Гр и находится в диапазоне от 0,07 Гр для взрослых до 2 Гр для младенцев. Для всего эвакуированного населения взвешенная средняя доза на щитовидную железу у населения, согласно оценке, составляет 0,47 Гр. Дозы на органы и ткани помимо щитовидной железы были в среднем намного меньшими.

Спустя первые нескольких недель после аварии, когда основной вклад в облучение был связан с  $^{131}\text{I}$ , радионуклиды с намного более длительными периодами полураспада создавали гораздо более низкие мощности доз облучения. После 1987 года суммарные дозы, полученные населением загрязненных зон, были по существу связаны с внешним облучением, создаваемым  $^{134}\text{Cs}$  и  $^{137}\text{Cs}$  в выпадениях на грунт, и внутренним облучением, вызванным радиоактивным загрязнением пищевых продуктов  $^{134}\text{Cs}$  и  $^{137}\text{Cs}$ . К другим, обычно незначительным, вкладам в долгосрочное облучение относятся потребление пищевых продуктов, загрязненных  $^{90}\text{Sr}$ , и ингаляционное поступление аэрозолей, содержащих изотопы плутония. Как внешнее, так и внутреннее облучение, связанное с  $^{134}\text{Cs}$  и  $^{137}\text{Cs}$ , приводит к относительно равномерному распределению доз на все органы и ткани организма. Средние эффективные дозы от  $^{134}\text{Cs}$  и  $^{137}\text{Cs}$ , которые были получены в течение первых десяти лет после аварии жителями загрязненных территорий, согласно оценкам, составляют приблизительно 10 мЗв. Медианная эффективная доза составляла приблизительно 4 мЗв, и лишь приблизительно 10 000 человек, согласно оценкам, получили эффективные дозы, превышающие 100 мЗв. Эффективные дозы в течение жизни, как ожидается, будут приблизительно на 40% выше доз, полученных в течение первых десяти лет после аварии [105].

### 3. АВАРИЯ ИЗ-ЗА НЕПРЕДУСМОТРЕННОЙ КРИТИЧНОСТИ В ТОКАЙМУРА, ЯПОНИЯ

В 1999 году в Токаймура, Япония, на установке для конверсии топлива, на которой производилась переработка высокообогащенного топлива для экспериментального реактора на быстрых нейтронах, произошла авария из-за непредусмотренной критичности. В нарушение установленных процедур работники вылили 16,6 кг раствора обогащенного до 18,8% урана в отстойник, что привело к скачку реактивности и возникновению критичности.

Три работника (А, В и С) получили дозы в диапазонах, соответственно, от 10 до 20 Гр, от 6 до 10 Гр и от 1,2 до 5,5 Гр. Работники (А и В), получившие самые высокие дозы, впоследствии умерли, первый спустя 83 дня, а второй – через

211 дней после аварии. Из числа лиц, работавших с источниками излучений и принятых для работы в условиях контролируемого облучения, 21 человек был занят на операции по сливу воды из охлаждающегося кожуха; для них диапазон расчетных доз (гамма плюс нейтроны) составлял 0,04–119 мГр. Шесть из них были заняты в операции по добавлению в бак отстойника борной кислоты; диапазон расчетных доз (гамма плюс нейтроны) составлял 0,034–0,61 мГр. Для 56 других работников на площадке диапазон расчетных доз (гамма плюс нейтроны) составлял 0,1–23 мГр. Для трех работников аварийной службы Токаймура, доставивших трех облученных работников (А, В и С) в больницу, диапазон расчетных доз (гамма плюс нейтроны) составлял 0,5–3,9 мГр. Для семи местных работников, собиравших строительные леса на строительной площадке, диапазон расчетных доз (гамма плюс нейтроны) составлял 0,4–9,1 мГр [12].

Хотя после аварии в Токаймура с возникновением критичности возникли определенные последствия для проживающего поблизости населения, никаких значительных долгосрочных эффектов не ожидается. Из приблизительно двухсот жителей, которые были эвакуированы в зоне радиусом 350 м, около 90% получили дозы  $<5$  мЗв, а из остальных ни один не получил  $>25$  мЗв. Хотя было зафиксировано измеримое радиоактивное загрязнение от выпадений аэрозольных продуктов деления за пределами площадки, это радиоактивное загрязнение не длилось долго, и максимальные отсчеты были менее 0,01 мЗв/ч [77].

За последние пятьдесят лет произошли несколько аварий с возникновением критичности. В этих авариях происходил выброс большого количества радиоактивных веществ за очень короткий промежуток времени. Они часто приводили к летальным дозам для тех, кто находился поблизости; однако в ходе этих аварий не происходило выброса в атмосферу настолько большого количества радиоактивного материала или возникновения такой интенсивности излучения, чтобы на расстояниях более 1 км от места события возникала угроза для здоровья людей (в большинстве случаев угроза возникала на намного меньших расстояниях).

#### 4. АВАРИЯ В ГОЯНИИ

Авария в Гоянии была одной из самых серьезных радиологических аварий, произошедших до настоящего времени. Она привела к смерти четырех человек и радиационным травмам многих других; она также вызвала радиоактивное загрязнение частей города.

Гояния, город с миллионным населением, является столицей штата Гояс в Бразилии. В 1985 году произошло внезапное прекращение деятельности частной медицинской компании, управлявшей клиникой, в которой имелся аппарат для лучевой терапии с весьма опасным радиоактивным источником (цезий-137 активностью 50,9 ТБк). Когда помещения клиники перестали использоваться, установка для лучевой терапии, содержащая опасный источник, осталась без присмотра. На закрытии учреждения настаивал владелец земельного участка, желающий перестроить площадку. В ходе подготовки площадки к реконструкции

клиника была частично разрушена, но у разработчика закончились денежные средства. В результате установка для лучевой терапии осталась без присмотра в покинутом здании.

Два местных жителя, разузнав, что в покинутой клинике осталось оборудование, проникли в оставленное здание. Они обнаружили установку для лучевой терапии и, не зная, что это за аппарат, но полагая, что он может иметь определенную ценность как металлолом, извлекли узел с опасным радиоактивным источником из головки аппарата. Они взяли его домой и попытались разобрать, и в процессе этих попыток капсула с источником была разрушена. Радиоактивный материал в капсуле представлял собой хлористый цезий - легкорастворимое и быстрорассеиваемое вещество. После разрушения капсулы источник остатков узла, содержащего источник, были проданы в качестве металлолома владельцу свалки. Он заметил, что материал источника в темноте светится голубым светом. Это вызвало восхищение ряда лиц, и на протяжении нескольких дней друзья и родственники приходили полюбоваться этим явлением. Части источника размером с рисовое зерно попали в несколько семей, что привело к внешнему облучению и пероральному поступлению соли хлорида цезия. Это продолжалось в течение пяти дней и привело к радиоактивному загрязнению большой зоны и серьезному облучению ряда лиц, у которых проявились определенные симптомы: а именно, тошнота и рвота, а впоследствии повреждения кожи.

Через несколько дней один из тех, у кого проявились болезненные симптомы, обратился к врачу, но эти симптомы не были идентифицированы как связанные с облучением, и пациент был отправлен домой. Приблизительно две недели спустя, после того, как многие люди почувствовали себя плохо, одна женщина из них поняла, что недомогание вызывал светящийся порошок из узла, содержавшего источник. Она положила остатки узла, содержавшего источник, в сумку. Затем она привезла эту сумку на автобусе местному врачу, поставила ее перед ним на стол и сказала ему, что ее содержимое "убивает ее семью". Доктор встревожился и унес сумку на внутренний двор, где она оставалась в течение одного дня.

Приблизительно в то же самое время у одного из врачей, занимавшихся лечением пострадавших, возникло подозрение, что повреждения кожи вызваны радиацией. Он позвонил врачу, получившему сумку с частями источника, который после этого решил провести дозиметрический контроль подозрительной сумки, чтобы выяснить, не является ли она радиоактивной. Как только медицинский физик вошел в кабинет врача с подозрительной сумкой, его дозиметр стал сразу же зашкаливать, независимо от направления, в котором регистрировалось излучение. Он предположил, что прибор неисправен и принес другой на замену. Другой прибор также показывал весьма высокие мощности дозы во всех направлениях, что убедило его в том, что имеется мощный источник излучения.

Медицинский физик и врач немедленно эвакуировали некоторых из местных жителей и сообщили о ситуации местным властям, которые в свою очередь сообщили об этом национальным властям в Рио-де-Жанейро. Однако не было предусмотрено никаких местных или национальных аварийных мер борьбы с такой аварией, а все ресурсы находились в Рио и Сан-Паулу, на расстоянии более 1300 км.

Местные власти эвакуировали жителей из загрязненных зон на футбольный стадион для их последующей сортировки экспертами, которые начали прибывать в начале следующего дня. Для восстановления контроля над аварийной ситуацией потребовалось пять дней.

Дозиметрический контроль людей и объектов проводился на олимпийском стадионе Гоянии. Для проведения дозиметрического контроля на олимпийский стадион обратились приблизительно 110 000 человек. У 249 из них было обнаружено радиоактивное загрязнение. Лица, имевшие лишь внешнее радиоактивное загрязнение, были подвергнуты дезактивации, но 129 человек, как оказалось, имели также внутреннее радиоактивное загрязнение и были направлены на медицинское обследование. Семьдесят девять человек с низкими дозами облучения всего тела, установленными с помощью цитогенетических методов, прошли амбулаторное лечение. Пятидесяти лицам потребовалось тщательное медицинское наблюдение; тридцать из них оставались под медицинским наблюдением в отделении первой помощи, а еще 20 были госпитализированы в отделение специализированной медицинской помощи.

Четырнадцать из этих пациентов требовалась интенсивная медицинская помощь, и они были направлены в отделение высокоспециализированной медицинской помощи в Рио-де-Жанейро. Четыре человека умерли в течение месяца после этого события от осложнений острого лучевого синдрома, включая кровотечение и инфекцию [13].

Приблизительно 150 человек, получивших облучение и/или радиоактивное загрязнение, подвергаются дальнейшему контролю; о последствиях для здоровья, отмеченных в этой группе, сообщено в [13]. Расчетные коллективные дозы составляли 56,3 человеко-Зв для внешнего облучения и 3,7 человеко-Зв от внутреннего облучения, включая 14,9 человеко-Зв (внешнее) и 2,3 человеко-Зв (внутреннее) для четырех человек, которые умерли [106].

Прежде всего на основе информации, полученной от обследованных лиц, были определены загрязненные площадки. Некоторые места имели высокий уровень радиоактивного загрязнения. В общей сложности оказалось, что в 85 жилых домах имелись значительные уровни радиоактивного загрязнения, а из 41 была проведена эвакуация [13]. Были снесены семь построек. Помимо жилых домов, были дезактивированы 45 общественных объектов (включая улицы, площади и магазины). Радиоактивное загрязнение было также обнаружено приблизительно на 50 транспортных средствах. Выполнение программы дезактивации заняло шесть месяцев. Суммарный объем удаленных отходов составил 3 500 куб. м [13]. Отсутствие начального согласия в отношении того, где разместить временное хранилище отходов, едва не привело к остановке программы. Для решения проблемы потребовалось личное вмешательство бразильского президента. Сооружение хранилища для окончательного захоронения было завершено в 1997 году, спустя почти десять лет после аварии.

В общей сложности в реагировании на аварию и последующих работах по дезактивации принимали участие 755 специалистов. Кроме того, международная помощь предоставлялась в рамках двухсторонних договоренностей и в соответствии с Конвенцией о помощи в случае ядерной аварии или радиационной аварийной ситуации.

## 5. АВАРИЯ В САН ХОСЕ, КОСТА-РИКА

Эта авария началась в больнице Сан-Хуан де Диос в Сан Хосе 22 августа 1996 года, когда была произведена замена источника  $^{60}\text{Co}$  для лучевой терапии. При калибровке нового источника была допущена ошибка в расчете мощности дозы. Данный просчет привел к получению пациентами значительно более высоких доз облучения, чем предписанные. Это была крупная радиационная авария; как представляется, в ней пострадали 115 пациентов, получавших лечение методом лучевой терапии в связи с неоплазмами. Ошибка была признана 27 сентября 1996 года, и лечебные процедуры были прекращены. Официально, установка для лучевой терапии прекратила работу 3 октября 1996 года.

Измерения, проведенные на этой установке, и рассмотрение карточек пациентов подтвердили, что интенсивность облучения превышала необходимую примерно на 50-60%. Были проведены экспертиза и оценка семидесяти из семидесяти трех пациентов, оставшихся живыми во время проведения МАГАТЭ рассмотрения в июле 1997 года. В то время был сделан вывод, что четыре пациента страдали от серьезных последствий, а еще у 16 пациентов были выявлены серьезные неблагоприятные последствия, связанные с переоблучением и создающие для них высокий риск в будущем. У двадцати шести пациентов были выявлены эффекты, не являющиеся серьезными, но способные создать определенный риск неблагоприятных последствий в будущем. У двадцати двух пациентов не было выявлено никаких заметных эффектов, и был сделан вывод, что у них незначителен риск последствий в будущем, поскольку многие из них прошли лишь небольшую часть курса терапии с замененным источником. По крайней мере у двух пациентов дозы облучения были ниже запланированных. Три пациента не были обследованы.

По состоянию на 7 июля 1997 года, то есть в течение девяти месяцев после аварии сорок два пациента умерли. Были рассмотрены данные относительно тридцати четырех из этих пациентов. В то время, когда работа по получению окончательных результатов полных вскрытий умерших и рассмотрению историй болезни все еще находилась в процессе завершения, было сделано заключение, что три пациента, возможно, умерли непосредственно в результате переоблучения, а еще у четырех умерших пациентов, как полагали, переоблучение, по-видимому, было одним из главных факторов, ставших причиной смерти. Двадцать два пациента, по-видимому, умерли в результате болезни, а не облучения, в то время как информация относительно других пяти смертельных случаев была либо неопределенной, либо отсутствовала вообще. Данные обследования пациентов и регистрационных записей кратко изложены в таблице 2.

ТАБЛИЦА 2. ДАННЫЕ МЕДИЦИНСКОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ [20]

Число пациентов	Неблагоприятные эффекты у выживших пациентов
4	Серьезные эффекты
16	Заметные эффекты, с высоким риском будущих эффектов
26	Радиационные эффекты, которые не были серьезными во время обследования; определенный риск будущих эффектов
22	Отсутствие каких-либо значимых эффектов во время обследования; низкий риск будущих эффектов
2	Пациенты не прошли полный курс облучения, так как терапия была прекращена (после обнаружения ошибки),
3	Не наблюдалось; у одного возможен риск будущих эффектов
Всего 73	
Количество летальных исходов	Полученные данные по умершим пациентам
3	Облучение как главный фактор, вызвавший смерть
4	Облучение как один из существенных факторов, ставших причиной смерти
22	Смерть связана с опухолью или другой причиной, помимо облучения
5	Недостаточно данных для того, чтобы сделать заключение
8	Данные относительно пациентов не были рассмотрены
Всего 42	

## 6. АВАРИЯ В САН-САЛЬВАДОРЕ

Авария произошла в феврале 1989 года на промышленной облучательной установке вблизи Сан-Сальвадора, Сальвадор. Предварительно расфасованные медицинские продукты подвергались стерилизации на установке посредством облучения от источника  $^{60}\text{Co}$ , закрепленного в подвижном держателе источника. Авария произошла, когда этот держатель источника заклинило в положении облучения. Оператор (работник А) заблокировал уже не полностью функциональные системы безопасности облучателя и вошел в помещение, где проводилось облучение. Во время первой попытки работник А попытался освободить заклинивший держатель. Освободить держатель ему не удалось, и он вышел из помещения, где проводилось облучение, приблизительно через пять минут после того, как вошел в него. Вскоре после этого он возвратился с двумя работниками (В и С) из другого отдела, не имевшими никакого опыта работы с облучательной установкой, попросив их помочь ему освободить держатель источника вручную [14].

Элементы источника  $^{60}\text{Co}$  были заключены в двойные пеналы для источника приблизительно 45 см длиной, изготовленные из нержавеющей стали, со сплошными наконечниками из нержавеющей стали диаметром приблизительно 1 см. В каждый из двух модулей источников были загружены четырнадцать пеналов с активными источниками и сорок имитаторов пеналов, не содержащих источников (распорных стержней из нержавеющей стали). Когда источник был установлен в июне 1975 года, суммарная радиоактивность источника гамма-излучения  $^{60}\text{Co}$  составляла 4,0 ПБк (108 кКи). Ко времени аварии его радиоактивность уменьшилась до 0,66 ПБк (18 кКи).

На следующий день компании стало известно о поступлении больничных листов отсутствующих работников А, В и С; однако в этих больничных листах было указано, что у них было пищевое отравление. Компания оставалась в неведении относительно того, что авария привела к какому-либо радиационному ущербу здоровью работников до тех пор, пока на четвертый день с ней не связался медицинский персонал больницы. В то время тяжесть ущерба для здоровья все еще не была осознана.

В течение оставшейся части недели установка эксплуатировалась в более или менее обычном режиме, с типичным числом остановок для ремонта, обычно требующего входа в облучательную камеру. Есть основания полагать, что держатель источника был поврежден в ходе первого события, которое позже на той же неделе привело ко второму событию, в ходе которого из верхнего модуля с источниками были выбиты все пеналы. Один пенал с активным источником, как впоследствии было обнаружено, остался в облучательной камере; все остальные упали в бассейн с водой.

Повышенный уровень излучения в облучательной камере (создаваемый пеналом с активным источником) был обнаружен на шестой день. В ответ на запрос компании о помощи поставщик направил двоих своих сотрудников, которые, в конечном счете, определили местонахождение пенала с активным источником и

переместили его в бассейн. Первоначально полагали, что это второе событие не привело к облучению кого-либо из персонала. Однако цитогенетические тесты, проведенные в ходе расследования аварии, показали, что четыре работника получили дозы, превышающие пределы профессионального облучения.

На установке монитор мощности дозы был установлен на стене облучательной камеры и был заблокирован с входной дверью для персонала с целью предотвратить доступ в облучательную камеру в случае регистрации аномальных уровней излучения. Для того чтобы войти в облучательную камеру, оператор должен сначала нажать кнопку тестирования монитора. Однако более чем за пять лет до аварии датчик монитора вышел из строя и блок датчика был демонтирован, а его кабельная проводка осталась на месте. Демонтаж датчика монитора должен был приводить к отключению облучателя; однако было обнаружено, что доступ в облучательную камеру мог быть получен путем нажатия включателя тестирования монитора и неоднократного циклического нажатия кнопок на панели радиационного монитора. Этот метод получения доступа стал «обычной» процедурой. Таким образом, была заблокирована важная функция безопасности, предусмотренная в конструкции [14].

Практика использования монитора мощности дозы с наружной стороны двери для доступа персонала в облучательную камеру стала критическим фактором, приведшим к облучению во время второго события по крайней мере четырех работников (менеджер по техническому обслуживанию и работники X, Y и Z). Мощность дозы с наружной стороны двери была по крайней мере в тридцать раз ниже мощности дозы в начале входного лабиринта. В то время как излучение целиком (или даже наполовину) заполненного держателя источников в поднятом положении могло быть обнаружено монитором, находящимся снаружи закрытой двери, один пенал с активным источником мог быть обнаружен только в том случае, когда монитор находился во входном лабиринте.

Ни у одного из работников не имелось при себе индивидуального дозиметра. Облучение было обнаружено только позже, после того, как были проведены цитогенетические тесты у всех работников, которые могли подвергнуться облучению в результате аварии. Расчетные дозы для этих четырех работников находились в диапазоне от 0,9 до 0,22 Гр. Если бы повышенный уровень излучения в облучательной камере, связанный с содержащим активный источник пеналом, не был обнаружен, эксплуатационный персонал, вероятно, получил бы намного более высокие, возможно даже смертельные, дозы вследствие длительного неконтролируемого облучения.

У трех работников (А, В, и С), получивших высокие дозы облучения, развился острый лучевой синдром. Их лечение в больницах Сан-Сальвадора (и впоследствии более специализированное лечение в Мехико) оказалось эффективным в плане смягчения острых эффектов. Однако ноги и ступни ног двух из этих трех работников были повреждены настолько серьезно, что потребовалась ампутация. Работник А, получивший наибольшее облучение, умер спустя шесть с половиной месяцев после аварии, причем его смерть была вызвана остаточным повреждением легкого в результате облучения, усугубленным повреждением, полученным в ходе лечения.

Для работника В после ампутации необходимость психологической поддержки стала наиболее важным фактором дальнейшего улучшения его состояния. Для пациента С была начата дальнейшая восстановительная терапия с целью уменьшения остаточных хронических эффектов, особенно в ноге, подвергшейся большому облучению [14].

## 7. ВЫБРОС ОПАСНЫХ МАТЕРИАЛОВ В БХОПАЛЕ, ИНДИЯ

У индийского филиала корпорации «Юнион карбайд» имелась установка в Бхопале, на которой с использованием метилизоцианата (МИЦ) производился пестицид. МИЦ – это высокотоксичный, огнеопасный и водорастворимый химический реактив. Несмотря на оптимистические коммерческие прогнозы, рынок сбыта этого пестицида оказался слабым, и поэтому эксплуатация установки была нерентабельной. В целях экономии денежных средств компания сократила финансирование работ по обучению в области безопасности и по обслуживанию. В одну из ночей в 1984 году авария на установке привела к неконтролируемому выбросу МИЦ в обход проектных средств обеспечения безопасности. К ним относились факельная башня для дожигания газа и водный занавес, который мог обеспечить его растворение в воде, безопасно накапливаемой затем в бассейне на площадке. Вместо этого газовое облако выброса ветром отнесло в сторону трущоб, где проживали тысячи людей. Хуже того, сирена, работавшая в течение аварии, привлекла толпу, которая направилась к установке, чтобы узнать, что там случилось. МИЦ воздействовал на глаза, слизистые оболочки и легкие людей, причем приблизительно 2 000 человек погибли, а еще 20 000 получили тяжелые увечья. Низкое качество стихийно возведенных лачуг не обеспечивало эффективного укрытия, но, по крайней мере, частичная эвакуация зоны, подвергшейся воздействию, должна была быть возможной. Кроме того, если бы местные жители знали о том, что МИЦ растворяется в воде, то, возможно, пострадавшим удалось бы уменьшить степень поражения, накрывая лицо влажным полотенцем [81].

## 8. УРАГАНЫ «КАТРИНА» И «РИТА»

Во время урагана «Катрина» погибло почти 1500 человек, и он стал самым смертоносным ураганом в США за восемьдесят лет и третьим наиболее смертоносным за всю историю США. Большинство смертельных случаев произошло в Новом Орлеане после разрушения некоторых из дамб, защищавших город. Ураган также вызвал разрушения, ущерб от которых составил около 75 миллиардов долларов, и ущерб от этого природного бедствия стал наибольшим в истории США. Суммарный экономический ущерб, включающий косвенные потери, связанные с прерыванием хозяйственной деятельности, приблизительно в два раза превысил эту сумму.

От урагана «Рита» пострадали территории на границе штатов Луизиана и Техас, но число смертельных случаев было меньшим, поскольку эвакуация была начата заранее, а выполнение инструкций было более строгим, чем в случае урагана «Катрина». Ураган «Рита» вызвал меньшие разрушения (ущерб порядка 10 миллиардов долларов), поскольку он прошел по менее обжитым территориям [62]. Ниже следует предварительная оценка информации.

#### *Оценка чрезвычайной ситуации*

Функцию оценки чрезвычайной ситуации для ураганов осуществляет главным образом Национальная метеорологическая служба и в частности Национальный центр по ураганам (НЦУ) и его местные бюро прогнозов. Оба урагана четко отслеживались, и информация своевременно направлялась федеральным властям, властям штатов и местным властям, а также средствам массовой информации. В случае урагана «Катрина» НЦУ выпустил предварительное предупреждение об урагане в 10:00 27 августа 2005 года и предупреждение об урагане в 22:00 ночью того же дня. «Глаз» урагана достиг побережья на границе штатов Луизиана и Миссисипи около 11:00 29 августа. В случае урагана «Рита» НЦУ выпустил предварительное предупреждение об урагане в 16:00:00 21 сентября 2005 года и предупреждение об урагане в 11:00 22 сентября. «Глаз» урагана достиг побережья вблизи Сабин пасс на границе штатов Техас и Луизиана около 04:00 24 сентября.

#### *Защита населения*

Местные власти Нового Орлеана крайне поздно издали распоряжение об эвакуации в связи с ураганом «Катрина» — 28 августа, за день до того, как он достиг побережья — даже при том, что они приняли решение отдать распоряжение об эвакуации почти 30 часами ранее. Задержка, по-видимому, была вызвана проблемами, которые следовало решить в процессе предварительного планирования. Жители многих домов были эвакуированы без проблем, отчасти потому, что некоторые из них покинули свои дома до появления официального распоряжения об эвакуации. Однако жители многих домов оставались в городе, потому что отсутствовали средства транспортировки. Действительно, приблизительно в одной трети домашних хозяйств в Новом Орлеане либо не имелось личных транспортных средств, либо они были недостаточно надежны для поездки за город. После того, как город затопило, многие из тех, кто оставался, были вынуждены покинуть дома и укрыться на стадионе «Супердом» и в конференц-центре. На этих объектах не было запасов продовольствия и воды и не имелось аварийных генераторов.

Вертолеты береговой охраны США сразу же приступили к активным поисково-спасательным операциям, которые впоследствии были продолжены при поддержке городских поисково-спасательных групп (ГПСГ) из других штатов. По мере поступления пострадавших из подвергшейся воздействию зоны их транспортировали в учреждения массовой социальной защиты во всей стране. Эвакуируемые распределялись в самые разные места; например, десятки тысяч были направлены в Хьюстон, Даллас и Сан-Антонио. Другие семьи эвакуировали даже в Миннеаполис и Солт-Лейк-Сити, за тысячи миль от дома. Некоторые семьи были разлучены, и для установления контакта между членами семьи потребовались

недели. Медицинское обслуживание было серьезной проблемой во время урагана и сразу же после него. Персонал некоторых частных санаториев покинул своих пациентов перед ударом урагана, и некоторые из этих пациентов утонули при затоплении города. Во время чрезвычайной ситуации несколько больниц продолжали работать, но лишь немногие люди в городе могли попасть в них. После урагана доступ в Новый Орлеан и другие пострадавшие районы строго контролировался. Возвращение даже в округа, где ущерб был минимален (Сент-Чарльз и Джефферсон, к западу от Нового Орлеана), было разрешено лишь неделю спустя.

Распоряжения об эвакуации в связи с ураганом «Рита» начали отдаваться 21 сентября – за три дня до его подхода к побережью. Мэр Хьюстона настоятельно призывал жителей «низинных районов» эвакуироваться, но это была спорная рекомендация с учетом весьма равнинного ландшафта города. Организация дорожного движения при эвакуации была весьма проблематичной, поскольку количество эвакуируемых (согласно оценкам, 1,6 миллиона человек) намного превысило прогнозы (приблизительно 0,5 миллиона человек). Интенсивное дорожное движение приводило к серьезным пробкам и к задержкам при эвакуации из зоны, в которой ураган в конечном счете приблизился к побережью. Эти транспортные проблемы были решены, когда направление движения на въездных полосах автострады было изменено на противоположное, с тем чтобы обеспечить по ним выезд. Большое количество эвакуируемых создавало значительную напряженность с ресурсами для размещения. Поисково-спасательные операции после урагана были маломасштабными и оказались успешными ввиду малочисленности населения в зоне, подвергшейся воздействию урагана. Медицинское обслуживание было в целом лучше, чем во время урагана «Катрина», поскольку больницы и частные санатории были заранее эвакуированы, однако 24 пациента частного санатория погибли, когда их автобус загорелся.

#### *Операции в опасных условиях*

Восстановление поврежденных дамб Нового Орлеана началось сразу же, как только началось наводнение. Кроме того, значительный объем ресурсов был направлен из-за пределов общины в пострадавший район для проведения работ по удалению обломков и восстановлению инфраструктуры (электроснабжения, водоснабжения, канализации, транспортной системы и системы телекоммуникации). Аналогичная деятельность была организована в пострадавших районах Миссисипи и Алабамы. К сожалению, эти операции замедляла слабая координация. В одном случае Федеральное агентство по чрезвычайным ситуациям (ФАЧС) отказалось от полезного персонала и оборудования из другого федерального агентства.

#### *Борьба с инцидентом*

Пожалуй, наибольшими недостатками в борьбе с обоими ураганами были недостаточная укомплектованность персоналом полиции, недостаточные количества эвакуационных автобусов в Новом Орлеане и устройств контроля багажа в аэропорте Хьюстона, материально-техническое обеспечение, внешняя координация, связь и документация. Учреждения на местном, государственном и

федеральном уровнях не имели точной информации о ситуации или о реагировании других организаций. Мэр Нового Орлеана заявляет, что он запросил федеральную помощь 29 августа, но эта помощь начала поступать лишь четыре дня спустя. Задержка, по-видимому, была отчасти связана со спором между правительством штата и федеральным правительством о том, правительство какого уровня несет ответственность. В федеральном правительстве ФАЧС (учреждение, обычно отвечающее за операции в случае стихийных бедствий) было заменено вооруженными силами. Общественная информация была в целом хорошей, главным образом потому, что средства массовой информации широко освещали события, связанные с обоими ураганами. И действительно, телевизионные репортажи, по-видимому, были главным источником информации для организаций, осуществлявших аварийное реагирование. Репортеры точно описывали плачевные условия жизни на Новоорлеанском стадионе «Супердом» и в конференц-центре, а также массивные пробки на выезде из Хьюстона. Однако они также распространяли необоснованные слухи о насилии и крайне преувеличивали уровень преступности в Новом Орлеане [62].

## 9. ВЗРЫВЫ БОМБ В ЛОНДОНЕ 7 ИЮЛЯ 2005 ГОДА

Утром 7 июля 2005 года в центре Лондона террористы – смертники взорвали в системе общественного транспорта бомбы; это было четыре отдельных, но скоординированных взрыва. Три взрыва произошли в метрополитене, а один – в автобусе; при этом пятьдесят два человека погибли и приблизительно семьсот были ранены. Само по себе каждое из этих событий было серьезным инцидентом, и в результате возникла трудная задача осуществления мер аварийного реагирования в ситуации, когда было неизвестно, последуют ли дальнейшие атаки.

Уже на раннем этапе лица, принимавшие первые ответные меры, были в состоянии подтвердить, что эти теракты не были связаны с радиацией или другим компонентом категории ХБРЯ. Тем не менее, к этому времени все организации, которые были бы привлечены к участию в случае, если бы имелся компонент категории ХБРЯ, приступили к развертыванию потенциала аварийного реагирования. Сам по себе это был ценный опыт, учитывая тот факт, что многие из этих организаций также играли другие роли в обычной аварийной ситуации. Например, ведущая организация по радиационной защите, Агентство по здравоохранению (НРА), также имела другие подразделения, предоставляющие консультации по целому ряду вопросов здравоохранения, таких как потенциальное воздействие химических веществ в лондонском метрополитене после взрыва и профилактика распространения инфекций через кровь и физиологические жидкости. В целом меры аварийного реагирования действовали хорошо, но неизбежно имелись уроки, которые было необходимо извлечь, причем многие из них имели отношение к мерам по обеспечению готовности в сфере радиационной защиты [102, 107].

В то время, когда были совершены взрывы, НРА было относительно новой организацией, объединившей усилия ряда зрелых организаций, каждая из которых имела собственный опыт работы в аварийных ситуациях. Хотя в деле унификации

мер был достигнут определенный прогресс, было ясно, что необходимы улучшения в области командно-контрольных мер и с целью уточнения обязанностей. Добиться этого удалось приблизительно в следующем году, когда дальнейшие уточнения были получены благодаря опыту борьбы с чрезвычайными ситуациями, связанными с птичьим гриппом, причем это было критически важно для эффективности реагирования на инцидент с полонием-210 в Лондоне.

Одним из последствий взрывов бомб в часы пик было то, что оказались парализованными системы общественного транспорта, и это означало, что многие люди не могли добраться на работу. На основе этого опыта НРА внесло изменения в свои планы аварийных мероприятий таким образом, чтобы функция его Национального координационного центра по аварийным ситуациям (НКЦАС) могла осуществляться на любой из его четырех основных площадок в одинаково оснащенных помещениях двойного назначения, которые могли представлять собой конференц-залы/учебные помещения или Центр аварийных операций. Во время этого события НКЦАС размещался в штаб-квартире НРА в Лондоне, причем также действовал Центр аварийных операций в отделе радиационной защиты.

Одной из проблем, выявленных при этом и впоследствии в ходе пожара на нефтяном терминале в Бансфилде (декабрь 2005 года) [108], являлись трудности с оперативным доступом к данным мониторинга окружающей среды с целью выполнения оценок риска и создания надежной основы для выработки рекомендаций лицам, принимающим первые ответные меры, и правительству. Как следствие этого, меры реагирования были изменены таким образом, что во время события персонал НРА был дополнен научными консультантами для полиции, которые проводили мониторинг на многочисленных местах совершения преступлений. Это способствовало поступлению данных мониторинга и другой соответствующей информации по двум каналам: как с мест совершения преступлений, так и данных дозиметрического контроля окружающей среды в общественных местах, выполненного НРА.

## 10. ИНЦИДЕНТ С ПОЛОНИЕМ-210 В ЛОНДОНЕ, 2006 ГОД

23 ноября 2006 года Александр Литвиненко умер в Лондоне предположительно от отравления полонием-210, испускающим почти исключительно альфа-частицы. Распространение радиоактивного загрязнения в результате отравления и событий, приведших к нему, затронуло многие места в Лондоне. Потенциальная возможность поступления в организм  $^{210}\text{Po}$ , содержавшегося в радиоактивном загрязнении, создавала риск для здоровья населения и вызывала значительную обеспокоенность общественности. Масштаб события требовал реагирования со стороны многих учреждений, включая меры по управлению аварийным реагированием на высшем правительственном уровне. Агентство по здравоохранению (НРА) взяло на себя ведущую роль в координировании и управлении мерами реагирования в сфере здравоохранения, в ходе осуществления которых приходилось иметь дело с тысячами людей [33].

Параллельно этому Лондонская городская полицейская служба (ГПС) проводила уголовное расследование. В ходе расследования было выявлено много мест, где могло иметься радиоактивное загрязнение. Для управления и определения приоритетов мониторинга и других ресурсов аварийного реагирования в быстро изменяющейся ситуации была весьма важна хорошая связь с полицией и другими учреждениями. Радиоактивное загрязнение полонием-210 было обнаружено в десятках мест, в том числе в больницах, гостиницах, офисах, ресторанах, барах и транспортных средствах. В некоторых случаях оказалось возможным выполнить простые процедуры дезактивации во время мониторинга и объявить конкретное место безопасным для открытого доступа. Однако в некоторых местах это оказалось невозможным, а уровни радиоактивного загрязнения были такими, что свободный доступ пришлось запретить до завершения надлежащих работ по восстановлению или дезактивации. Острая фаза реагирования длилась по январь 2007 года, а фаза восстановления продолжалась до лета.

#### *Госпитализация и обнаружение*

Как и во многих других инцидентах, для того, чтобы облучение было определено в качестве причины, потребовалось определенное время. 3 ноября, спустя несколько дней после того, как, возможно, произошло отравление, г-н Литвиненко был госпитализирован в северной Лондонской больнице общего профиля с рвотой, диареей и болью в животе. Его состояние ухудшилось, и он был переведен специализированную больницу в Лондоне. Сообщалось, что в ходе радиоинтервью с ним он утверждал, что был отравлен. Были исследованы различные возможные причины болезни, включая химическое отравление и воздействие ионизирующей радиации. Что касается последнего, то для него и его окружения в больнице были проведены замеры радиоактивного загрязнения и мощности дозы, но радиации обнаружено не было. Важно то, что в медицинской среде не ожидается радиоактивное загрязнение альфа-излучателями, и использованные дозиметры не были предназначены для регистрации радиоактивного загрязнения альфа-излучателями.

За несколько дней до того, как г-н Литвиненко умер, ГПС, учитывая его заявление об отравлении, затребовала помощь своих научных консультантов и НРА с целью определения, что же могло быть причиной имевшейся клинической картины. С помощью тестов удалось установить, что в организме г-на Литвиненко присутствует значительное количество  $^{210}\text{Po}$ . Первоначальные оценки НРА показали, что имеющиеся клинические симптомы можно объяснить поступлением в организм более одного ГБк  $^{210}\text{Po}$  [109]. Более того, облучение, создаваемое физиологическими жидкостями его организма и любым оставшимся исходным материалом (который мог распространиться), было способно создать значительный риск для здоровья населения. Кроме того, не было известно, было ли это единственным событием или имели место и другие связанные с ним события, с более чем одним источником радиоактивного материала.

### *Стратегия реагирования в сфере здравоохранения*

С целью реагирования на опасности, связанные с инцидентом, НРА были разработаны ключевые цели реагирования в сфере здравоохранения, кратко изложенные ниже:

- Предотвратить дальнейшее облучение населения:
  - работать в тесном сотрудничестве с полицией, с тем чтобы помочь уголовному расследованию и определить площадки и лиц, которые могли подвергнуться радиоактивному загрязнению;
  - разработать стратегию дозиметрического контроля окружающей среды в поддержку этого;
  - провести оценку и выработать рекомендации относительно доступа населения и восстановления загрязненных площадок.
- Оценить риски для лиц, потенциально подвергшихся воздействию:
  - разработать и осуществить критерии оценки риска;
  - предлагать, осуществлять индивидуальный дозиметрический контроль с помощью анализа мочи и сообщать о его результатах.
- Предоставлять консультации и моральную поддержку подвергшимся воздействию лицам и населению.

Деятельность, необходимая для достижения этих целей, включала определение возможных мест радиоактивного загрязнения в настоящее время или в прошлом, с момента отравления; получение данных дозиметрического контроля окружающей среды и знание видов деятельности, предпринятых в этих местах, оценку возможного характера и уровней поступления в организм  $^{210}\text{Po}$ , и последующее определение и расположение по приоритетам тех, кому, возможно, необходимо пройти клиническое обследование или индивидуальный дозиметрический контроль.

### *Управление реагированием*

Реагирование на инцидент потребовало участия ряда учреждений в рамках системы аварийного реагирования Соединенного Королевства [94]. Был задействован специализированный центр кризисного управления правительства в зале совещаний секретариата кабинета министров (ЗССКМ), откуда Комитет по гражданской обороне (КГО) обеспечивал общее управление реагированием. Подчиненная ему Группа стратегической координации (ГСК) под руководством полиции обеспечивала координацию деятельности ряда учреждений в соответствии с указаниями КГО. В целом меры аварийного реагирования действовали хорошо. Хотя сценарий инцидента радикально отличался от сценариев в ядерном и контртеррористическом секторах, комплексному реагированию, безусловно, принес пользу опыт независимой программы учений в этих секторах.

По существу с первого дня стало ясно, что фаза восстановления в этом инциденте будет длительной, и поэтому ГСК приняла раннее решение об учреждении подгруппы, Рабочей группы по восстановлению (РГВ) под руководством

Вестминстерского городского муниципалитета (ВГМ), действовавшего от имени различных местных лондонских властей в районах, где были расположены загрязненные места. В ходе ранних фаз реагирования РГВ разрабатывала рамочную стратегию и процессы для восстановления этих мест и освобождения их от контроля [94]. Это было важно для обеспечения ясности в отношении обязанностей и используемых протоколов и процедур.

#### *Мониторинг и оценки окружающей среды*

Группы дозиметрического контроля окружающей среды были направлены прежде всего в больницы, где лечился г-н Литвиненко. Существовал четкий потенциальный риск того, что физиологические жидкости его организма были источником радиоактивного загрязнения. В больницах были обнаружены низкие уровни радиоактивного загрязнения; однако, учитывая строгий порядок обеспечения чистоты в больницах, возможно, что уровни загрязнения во время лечения г-на Литвиненко были значительно более высокими. Поэтому было сочтено необходимым провести индивидуальный дозиметрический контроль персонала, имевшего контакт с ним. Были обнаружены определенные уровни поступления в организм, но они были относительно низкими, отчасти ввиду регулярного использования индивидуального защитного оборудования (ИЗО) и процедур по защите от инфекций.

Уголовное расследование продвигалось быстрыми темпами и позволило определить перемещения соответствующих лиц и места, которые могли быть потенциально загрязнены. В течение следующих нескольких недель были идентифицированы более сорока мест, которые необходимо было подвергнуть мониторингу и оценке либо полицией и их специалистами – научными консультантами в качестве мест совершения преступления, либо силами НРА в связи с рисками для здоровья населения. Для последнего использовались части национальных мер реагирования в случае гражданских и военных ядерных аварийных ситуаций, причем НРА координировало программу дозиметрического контроля, используя ресурсы нескольких организаций Соединенного Королевства. В пиковый период инцидента посменно работали семьдесят сотрудников, проводивших дозиметрический контроль. Ключевой отмеченный факт в связи с этим заключался в том, что радиоактивное загрязнение было распределено не однородно, а дискретными пятнами, а на твердых поверхностях оно было прочно скреплено с поверхностью, не могло быть легко удалено и поэтому не могло легко поступить в организм человека.

С помощью методов моделирования и поступающих данных дозиметрического контроля окружающей среды были сделаны оценки диапазонов потенциальных доз облучения людей в ресторанах, барах, офисах, гостиницах, больницах, автомобилях и транспорте, идентифицированных как имеющие зоны, загрязненные  $^{210}\text{Po}$ , и лиц, имевших контакты с теми, кто потенциально подвергся радиоактивному загрязнению  $^{210}\text{Po}$ . Рассматривалось поступление  $^{210}\text{Po}$  в организм через органы пищеварения, ингаляционное поступление или поступление через раны от различных объектов и поверхностей, загрязненных непосредственно или через физиологические жидкости организма. Эти оценки обеспечивали поддержку сортировочных вопросников, использованных для выявления лиц, которым

следовало пройти индивидуальный дозиметрический контроль. Были также рассмотрены потенциальные радиологические последствия выбросов в двух больницах  $^{210}\text{Po}$  в канализационные коллекторы и сжигания клинических отходов, а также потенциальные последствия захоронения или кремации тела г-на Литвиненко.

#### *Реагирование в сфере здравоохранения*

25 ноября, после оценки риска, НРА через СМИ обратилось к населению с просьбой о том, чтобы лица, находившиеся в потенциально загрязненных местах в определенный период времени, позвонили в службу «NHS Direct» (круглосуточный телефон доверия Национальной службы здравоохранения). В поддержку этого был разработан вопросник, облегчающий получение ключевой информации от позвонивших лиц. Подробные сведения о позвонивших лицах, связанных с соответствующими местами, были направлены в НРА для дополнительной оценки состояния здоровья и принятия дальнейших мер. В общей сложности службой «NHS Direct» было получено 3 837 звонков, а в НРА было направлено для принятия дальнейших мер 1 844 вопросника. Помимо этой группы, информация о персонале и известных посетителях различных мест поступила в результате полицейских расследований.

Для каждого из основных мест была назначена группа работников общественного здравоохранения и разработаны оценки риска для конкретной площадки и вопросники с целью выявления лиц, подвергавшихся риску и требующих дозиметрического контроля с использованием метода альфа-спектрометрии проб мочи, взятых в течение 24 часов. При этом было необходимо объяснить процесс и ответить на многие вопросы персонала и руководства в подвергшихся воздействию местах. Усложняющим фактором было то, что для многих членов персонала гостиниц английский язык не был родным. Сортировку лиц, выявленных с помощью любого источника, сообщившего о симптомах, которые могли быть связаны с радиационными эффектами, или серьезно обеспокоенных, проводила группа клинической оценки. Из 186 лиц, рассмотренных таким образом, в общей сложности 29 были направлены в специальную клинику для проведения клинического обследования. Ни у кого из них не было обнаружено острых лучевых эффектов.

#### *Программа индивидуального дозиметрического контроля*

С самого начала было ясно, что число людей, которым требуется анализ мочи, будет составлять многие сотни и, возможно, тысячи. С целью решения этой проблемы и ускорения темпов выявления таких лиц НРА быстро разработало метод дозиметрического контроля и протоколы, которые использовались в трех лабораториях Соединенного Королевства. С другими лабораториями в Европе и с МАГАТЭ были также достигнуты договоренности о действиях в непредвиденных обстоятельствах на случай, если возникнет необходимость воспользоваться ими.

В общей сложности были обработаны и подвергнуты оценке пробы мочи 752 лиц [110]. Было необходимо разработать протокол представления данных, в котором результаты распределялись по дозовым диапазонам. Полоний-210 является материалом природного происхождения, и некоторое его количество можно

обнаружить в моче любого человека. Минимальный уровень для представления данных (УПД) был установлен равным 30 миллибеккерелей для 24-часовой пробы, с тем чтобы обеспечить, что любой результат, превышающий УПД, может быть связан с событием. В тех случаях, когда поступление в организм превышало УПД, проводилась оценка ожидаемой эффективной дозы. Сводные данные дозиметрического контроля обычно сообщались в пресс-релизах НРА. В общей сложности было выявлено 86 лиц, уровни полония-210 в моче которых превышали УПД, однако рассчитанные для них дозы были ниже 1 мЗв. У 36 лиц дозы были в диапазоне  $\geq 1$  мЗв и  $< 6$  мЗв; а у 17 лиц дозы были  $\geq 6$  мЗв. Из группы, дозы в которой были наибольшими, 14 лиц представляли собой персонал и посетителей бара одной гостиницы, двое был работниками другой гостиницы и один был членом семьи, обеспечивавшим уход за г-ном Литвиненко до того, как он попал в больницу. Самая высокая расчетная доза была определена для члена семьи и составляла приблизительно 100 мЗв.

#### *Отслеживание иностранных посетителей*

Помимо жителей Соединенного Королевства, большое число потенциально облученных полонием-210 лиц оказалось зарубежными гостями, которые проживали в одной из гостиниц или других мест, связанных с этим инцидентом, или посещали их. Необходимо было выявить всех этих людей через дипломатические каналы и каналы здравоохранения. С целью решения этой проблемы НРА учредило Консультативную группу для зарубежных стран. Установление соответствующих контактов в различных странах оказалось трудной задачей. МАГАТЭ оказалось в состоянии оказать помощь в этом процессе. Были предприняты попытки получить последующие данные в общей сложности о 664 отдельных лицах из 52 стран и территорий. При получении обратной связи о результатах возникали значительные трудности, связанные с законодательством о защите данных и проблемами конфиденциальности медицинских данных. Тем не менее, были получены результаты о приблизительно четверти выявленных лиц. Ни у кого из них дозы не превышали 6 мЗв, 5 лиц имели дозы в диапазоне от  $\geq 1$  мЗв до  $< 6$  мЗв. У 8 лиц уровни полония-210 в моче превышали уровень представления данных, но их дозы были ниже 1 мЗв [102].

#### *Связь с общественностью и СМИ*

На всем протяжении инцидента проявлялось стремление быть как можно более открытым в отношении СМИ и населения, при соблюдении в то же время конфиденциального характера полицейских расследований, а также учета необходимости проявлять осторожность в вопросах, являющихся чувствительными для лиц, вовлеченных в инцидент. Первая пресс-конференция 24 ноября была весьма важной для определения линии поведения. На ней НРА объявило, что в результате тестов, проведенных у г-на Литвиненко, было обнаружено значительное количество полония-210, объяснило характер альфа-излучения и то, что полоний-210 представляет опасность только в случае перорального, ингаляционного поступления в организм человека или поглощения через раны. Было также сообщено о проведении превентивного дозиметрического контроля в местах, определенных полицией.

В течение первых нескольких дней и недель по радио и телевидению передавались многочисленные интервью, а НРА в течение предшествующих Рождеству недель ежедневно выпускало заявления для прессы, а также отвечало на тысячи вопросов СМИ и обеспечивало обновление данных на соответствующем веб-сайте. Были предприняты значительные усилия по поддержанию связи с другими учреждениями, участвовавшими в реагировании, с тем чтобы обеспечить получение общественностью согласованной картины происходящего.



**ДОПОЛНЕНИЕ II**  
**ОПИСАНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ**  
**РАДИАЦИОННЫХ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ**

В Дополнении II приведены стандартизированные краткие описания различных типов радиационных аварийных ситуаций, а также их статистические данные. Аварийные ситуации объединены в группы в соответствии с типом практической деятельности. Таблицы 3-11 в основном адаптированы из [32].

ТАБЛИЦА 3. ЯДЕРНЫЕ АВАРИЙНЫЕ СИТУАЦИИ С ВОЗНИКНОВЕНИЕМ КРИТИЧНОСТИ

№	Год	Место: страна	Провинция/ город	Тип использования	Последствия	Полученная эффективная доза	Полученная эквивалентная доза	Главная причина	Ссылка
1	1945	США	шт. Нью-Мексико (Лос-Аламос)	Ядерные исследования	2 человека получили облучение; 1 умер	0,5–5,1 Гр	Нет данных	Небезопасная процедура; во время эксперимента на критической сборке брусок из карбида выскользнул из руки ученого и упал в сборку	[77]
2	1946	США	шт. Нью-Мексико (Лос-Аламос)	Ядерные исследования	8 человек получили облучение; 1 умер	0,37-21 Гр	Нет данных	Небезопасная процедура; во время демонстрации критической сборки с бериллиевым отражателем отражатель соскользнул, что привело к скачку критичности	[77]
3	1952	США	Шт. Иллинойс (Аргонн)	Ядерные исследования	4 человека получили облучение	0,1-1,6 Гр	Нет данных	Невыполнение эксплуатационного регламента во время замены регулирующего стержня	[77, 111]
4	1953	СССР	Челябинск (комбинат «Маяк»)	Ядерные исследования и переработка	2 человека получили облучение; у одного острый радиационный синдром (ОРС) и ампутация ног	1-10 Гр	Нет данных	Неудовлетворительная конструкция; при смешивании, растворении, хранении и т.д. продуктов нитрата плутония использовалась неблагоприятная геометрия	[112]
5	1957	СССР	Челябинск (комбинат «Маяк»)	Ядерные исследования и переработка	6 человек получили облучение; 1 умер, еще у 5 ОРС	3-30 Гр	Нет данных	Неудовлетворительная конструкция; накопление оксалата уранила при небезопасной геометрии в перчаточном боксе	[77, 111, 112]
6	1958	СССР	Челябинск (комбинат «Маяк»)	Ядерные исследования и переработка	4 человека получили облучение; 3 человека умерли, один, находившийся на удалении, выжил	Смертельные случаи 60 Гр другое лицо 6 Гр	Нет данных	Небезопасная геометрия во время слива уранового раствора; свой вклад в критичность внес отражатель нейтронов	[77, 111, 112]

№	Год	Место: страна	Провинция/ город	Тип использования	Последствия	Полученная эффективная доза	Полученная эквивалентная доза	Главная причина	Ссылка
7	1958	США	Шт. Теннесси (Окридж)	Обработка ядерных материалов	8 человек получили облучение	0,69-3,65 Гр	Нет данных	Утечка через клапан привела к незапланированному поступлению раствора обогащенного урана в 55-галлонный (208 литров) барабан. Небезопасная геометрия привела к возникновению критичности	[113]
8	1958	США	Шт. Нью-Мексико (Лос-Аламос)	Ядерные исследования	3 человека получили облучение; 1 умер	45 Гр (летальный исход); 1,34 и 0,53 Гр (оставшиеся в живых)	120 Гр на верхнюю часть туловища	При перемещении плутониевых частиц из двух емкостей в одну путем смывания возникла небезопасная геометрия	[77, 111]
9	1958	Югославия	Винча	Реактор нулевой мощности;	6 человек получили облучение; 1 умер, у 5 выявлен ОРС	2,07-4,36 Гр	Нет данных	Отказ оборудования (средств контроля) вызвал скачок реактивности реактора: зашкаливание детекторов и невозможность регистрации возрастания уровня мощности	[77, 111]
10	1961	США	Шт. Айдахо	Исследования с использованием реакторов	10 человек получили облучение; 3 человека умерли. 2 человека сразу же погибли в результате парового взрыва, а третий умер в результате черепно-мозговой травмы. Еще 7 человек подверглись облучению	до 3,5 Гр	Нет данных	Имеющиеся данные показывают, что регулирующий стержень был слишком быстро выведен вручную, что привело к росту мощности	[77]
11	1961	СССР	Сибирь	Химическая обработка	1 человек получил облучение	2 Гр	Нет данных	В ходе процесса конденсации и испарения гексафторида урана не осуществлялись меры по контролю критичности	[77, 111, 112]

№	Год	Место: страна	Провинция/ город	Тип использования	Последствия	Полученная эффективная доза	Полученная эквивалентная доза	Главная причина	Ссылка
12	1962	США	Шт. Вашингтон (Ханфорд)	Химическая обработка	2 человека получили облучение	0,43-1,1 Гр	Нет данных	Не отвечающий требованиям контроль растворов привел к возникновению неблагоприятной геометрии	[77, 111]
13	1962	США	Ричленд		2 человека получили облучение				[114]
14	1963	СССР	Саров (Арзамас)	Исследования, связанные с созданием ядерного оружия	2 человека получили облучение; выявлен ОРС	3,7-5,5 Гр	Нет данных	Нарушение эксплуатационных регламентов	[77, 111]
15	1964	США	Шт. Род-Айленд (Вуд-Ривер Джанкшн)	Химическая обработка	3 человека получили облучение; 1 умер	Смертельные случаи: 100 Гр; другие лица: 0,6 Гр	Нет данных	Человеческие факторы; этикетка на емкости указывала на высокую концентрацию U; содержимое попало в бак, что привело к возникновению небезопасной геометрии	[77, 111, 115]
16	1965	Бельгия	Моль	Экспериментальный реактор	1 человек получил облучение  Неравномерное облучение организма, ампутация левой ноги	5 Гр	3-40 Гр	Несоблюдение регламентов безопасности.	[77, 111, 116, 117]
17	1966	СССР		Экспериментальный реактор	5 человек получили облучение	3,0-7,0 Гр	–	–	[114]
18	1968	СССР	Челябинск-70	Реактор	2 человека умерли	20–40 Гр и 5–10 Гр	Наибольшая доза облучения 700 Гр на левую руку	Несоблюдение регламента; невыполнение требования об установке отражателя	[77, 111]

№	Год	Место: страна	Провинция/ город	Тип использования	Последствия	Полученная эффективная доза	Полученная эквивалент- ная доза	Главная причина	Ссылка
19	1968	СССР	Челябинск-40	Извлечение плутония	2 человека получи- ли облучение; 1 умер, у оставшегося в живых ОРС плюс ампутация ног и руки	Доза у погибших 24,5 Гр; у прочих 7 Гр	Нет данных	Не отвечающая требованиям конструкция, приведшая к неблагоприятной геометрии плутониевого раствора	[111, 112]
20	1968	СССР		Эксперименталь- ный реактор	4 человека получили облучение	1,0-1,5 Гр	–	–	[114]
21	1969	СССР		Эксперименталь- ный реактор	1 человек получил облучение	5,0 Гр	–	–	[112, 114]
22	1971	СССР	Курчатовский институт	Исследовательская установка с энергетическим реактором	4 человека полу- чили облучение; 2 человека умерли, у двоих ОРС и долгосрочные последствия для здоровья	Смертельные случаи: 20 и 60 Гр. У прочих 8-9 Гр	Нет данных	Неудачная конструкция тепловыделяющих сборок реактора; конфигурация топливных стержней создала геометрию, приведшую к возникновению значительной надкритичности.	[77, 111, 118]
23	1971	СССР	Курчатовский институт	Исследовательская установка с энергетическим реактором	3 человека получили облучение	3 Гр	20 Гр на ноги	Нарушение эксплуатационного регламента; регулирующие стержни не были введены при добавлении воды в бак, в котором находятся топливные стержни	[77, 111, 118]
24	1978	СССР	Сибирь	Переработка плутония	8 человек полу- чили облучение, 1 умер.  У 1 человека ампутация руки до локтя; еще 7 чело- век подверглись облучению	0,05-2,5 Гр	70 Гр	Нарушение регламентов. Неблагоприятная геометрия, связанная с тем, что размеры плутониевых слитков превышали допустимые при упаковке; неудовлетворительная конструкция перчаточного бокса	[77, 111, 112]

№	Год	Место: страна	Провинция/ город	Тип использования	Последствия	Полученная эффективная доза	Полученная эквивалент- ная доза	Главная причина	Ссылка
25	1983	Аргентина	Буэнос-Айрес	Критическая сборка	1 человек умер	17 Гр (нейтроны) и 20 Гр (гамма- излучение)	Нет данных	Невыполнение процедуры удаления воды из бака, содержащего делящийся материал	[77, 119]
26	1997	Российская Федерация	Кремлев (Саров)	Исследования, связанные с созданием ядерного оружия	1 человек умер	45 Гр (нейтроны) и 3,5 Гр (гамма- излучение)	до 250 Гр на руки	Возникновение критичности; экспериментатор нарушил требования безопасности	[11, 77]
27	1999	Япония	Токаймура	Небольшая установка по подготовке к производству топлива	3 человека получили облучение: 2 человека умерли	10–20 Гр, 6–10 Гр 1–5 Гр	Нет данных	Человеческая ошибка и несанкционированная модификация процедур, приведшие к нарушению геометрии, предотвращающей возникновение критичности	[12, 120]

ТАБЛИЦА 4. АВАРИЙНЫЕ СИТУАЦИИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЯДЕРНЫХ УСТАНОВОК

№	Год	Место: страна	Провинция/ город	Тип использования	Последствия	Полученная эффективная доза	Полученная эквивалент- ная доза	Главная причина	Ссылка
1	1951	СССР	Челябинск-40	Ядерные исследования и переработка	5 человек полу- чили облучение; 1 умер, у других ОРС и/или локальные повреждения	–	–	–	[117]
2	1952	СССР	Челябинск-40	Ядерные исследования и переработка	2 человека умерли; внутреннее радиоактивное загрязнение тритиевой водой	–	–	–	[117]
3	1954	СССР	Саров (Арзамас)	Ядерное оружие	1 человек умер; внутреннее облучение полонием-210	–	–	–	[117]
4	1955	США	Шт. Вашингтон (Ханфорд)	Научные исследования по переработке	1 человек получил облучение; поступление в организм Pu-239	–	–	–	[114]
5	1957	СССР	Кыштым (комбинат «Маяк»)	Радиохимический завод	выброс 740 ПБк радиоактивных продуктов	–	–	Перегрев, приведший к взрыву бака - хранилища	[106]
6	1957	Соединенное Королевство	Камбрия (Уиндскейл)	Реактор с графитовым замедлителем	выброс 740 ТБк <sup>131</sup> I; в выбросе содержались также и другие радионуклиды	–	<0,1 Гр на щитовидную железу ребенка	Перегрев и пожар	[106]
7	1975	Германия (ГДР)		Исследователь- ский реактор	1 человек получил облучение (локальное)	–	20-30 Гр	–	[114]

№	Год	Место: страна	Провинция/ город	Тип использования	Последствия	Полученная эффективная доза	Полученная эквивалент- ная доза	Главная причина	Ссылка
8	1976	США	Шт. Вашингтон (Ханфорд)	Научные исследования по переработке	1 человек получил облучение; травма от взрыва и поступление в организм америция-241 (~40 МБк)	Нет данных	8,6 Гр на костный мозг	Химический взрыв ионообменной колонки в перчаточном боксе	[121]
9	1977	Аргентина	Атуча	Ядерный реактор	1 человек получил облучение; загряз- нение раны активностью 3800 Бк, хирургическое удаление спустя 8 лет	–	364 Гр на локализован- ный участок в течение более чем 8 лет	Работник не пользовался свинцовыми перчатками	[32, 39]
10	1979	США	Шт. Пенсильвания (Три Майл айленд)	Коммерческая атомная электростанция	Серьезное повреждение реактора; активность атмосферного выброса 550 ГБк I-131; значительное облучение отсутствовало	<1 мЗв	–	Отказ насоса привел к останову, но дальнейший отказ насоса и неправильные показания контрольно- измерительной аппаратуры заставили операторов предпринимать действия, которые привели к низким уровням воды в реакторе. Это привело к серьезному повреждению тепловыделяющих элементов	[106]
11	1985	Чехословаки я	Петрвальд		1 человек получил облучение; поступление через рану 600 Бк <sup>241</sup> Am	–	–	Неосторожность и оборудование, не отвечающее требованиям	[32, 39]

№	Год	Место: страна	Провинция/ город	Тип использования	Последствия	Полученная эффективная доза	Полученная эквивалент- ная доза	Главная причина	Ссылка
12	1986	США	Шт. Оклахома (Гор)	Переработка урана	1 человек умер от травмы, у работников и 7 лиц из населения низкие уровни внутреннего радиоактивного загрязнения	–	–	Аварийный разрыв 14-тонного цилиндра с UF <sub>6</sub>	[122]
13	1986	СССР	Украина (Чернобыль)	Атомная электростанция	237 случаев значительного облучения; 30 смертельных исходов.  Разрушение реактора. 30 смертельных случаев (в том числе 2 человека от травмы); 207 других получили значительные дозы облучения. Значительный выброс радионуклидов в окружающую среду, включая 1760 ПБк I-131 и 86 ПБк Cs-137	До 16 Гр	–	Нарушение процедур безопасности в сочетании с недостатками конструкции привело к паровому взрыву, пожару и разрушению реактора.	[38]
14	1993	Россия	Сибирь (Томск)	Переработка	Выброс Pu-239 и смешанных продуктов деления	–	–	Накопление газов в емкости и ее разрыв в результате взрыва облака горючего газа	[19]

ТАБЛИЦА 5. ТРАНСПОРТНЫЕ АВАРИЙНЫЕ СИТУАЦИИ

№	Год	Страна	Тип транспортного средства	Место	Название	Причина и последствия	Ссылка
<b>На море</b>							
1	1961	СССР	Атомная подводная лодка	Северо-западная часть Атлантического океана	К-19	Утечка в первом контуре теплоносителя с перегревом топлива; подводная лодка отбуксирована на базу	[123]
2	1963	США	Атомная подводная лодка	Атлантический океан (точно не известно)	Трешер	Причина неизвестна; пропала в море со всей командой. Расчетная общая радиоактивность выброса составила <0,04 ГБк	[123]
3	1968	СССР	Дизельная подводная лодка	Тихий океан, вблизи Гавайских островов	К-129	Подводная лодка затонула, неся на борту 2 ядерные боеголовки, которые были впоследствии подняты на поверхность	[123]
4	1968	США	Атомная подводная лодка	Атлантический океан (точно не известно)	Скорпион	Причина неизвестна; пропала в море со всей командой.	[123]
5	1970	СССР	Атомная подводная лодка	Бискайский залив	К-8	Пожар; резиновые уплотнения корпуса вышли из строя, что привело к поступлению внутрь морской воды; затонула к северо-западу от Испании	[123]
6	1978	Не известна	Надводное судно	Северо-восточная часть Баренцева моря	Никель	Лихтер, перевозивший герметизированные отходы, пропал в море во время шторма	[123]
7	1984	Франция	Надводное судно	Северное море	Мон Луи	Столкновение судна и парома; судно, перевозившее из Зеебрюгге 30 контейнеров UF <sub>6</sub> с обогащением <1%, затонуло; все контейнеры были подняты на поверхность	[123]
8	1985	СССР	Атомная подводная лодка	Бухта Чажма	К-431	Во время перегрузки топлива вследствие возникновения критичности произошел тепловой взрыв; в результате произошло радиоактивное загрязнение окружающей среды в России	[123]

№	Год	Страна	Тип транспортного средства	Место	Название	Причина и последствия	Ссылка
9	1986	СССР	Атомная подводная лодка	Северо-восточная часть Атлантического океана	К-219	В результате пожара и взрыва был поврежден корпус; погрузилась на глубину 6 000 м и затонула (Бермуды)	[123]
10	1989	СССР	Атомная подводная лодка	Норвежское море	К-278	Пожар в кормовом отсеке во время погружения; подводная лодка затонула	[123]
11	1989	СССР	Атомная подводная лодка	Бухта Ара	Неизвестно, входила в состав Северного Флота	Неизвестная проблема; наибольший выброс радиоактивного материала, о котором было сообщено	[123]
12	1997	Панама	Надводное судно	Атлантический океан, Азорские острова	Контейнеровоз «MSC Carla»	Авария связана с 3 упаковками типа В, содержащими <sup>137</sup> Cs	[123]
13	2000	Россия	Атомная подводная лодка	Баренцево море	Курск	Причина неизвестна: В день аварии произошли 2 сейсмических события; подводная лодка затонула со 118 членами команды на борту; как выяснилось впоследствии, бортовые реакторы были не повреждены	[123]

### В воздухе

14	1965	США	Воздушное судно	Около Окинавы, Япония	Реактивный самолет «Скайхок»	Реактивный самолет, несущий ядерное оружие, выкатился с палубы авианосца	[123]
15	1966	США	Воздушное судно	Паломарес, Испания	Бомбардировщик (B-52)	Столкновение воздушных судов во время дозаправки топливом; авария затронула 4 единицы ядерного оружия; 2 остались неповрежденными, 2 разрушились при падении на землю; в результате возникло значительное продолжающееся радиоактивное загрязнение окружающей среды плутонием	[123]
16	1968	США	Воздушное судно	Туле, остров Гренландия	Бомбардировщик (B-92)	Авиакатастрофа; 4 единицы ядерного оружия были разрушены, в результате чего радиоактивное загрязнение плутонием распространилось на большую территорию морской среды	[123]

№	Год	Страна	Тип транспортного средства	Место	Название	Причина и последствия	Ссылка
17	1987	СССР	Воздушное судно	Охотское море	–	Авария вертолета привела к сбросу РИТЭГ, оборудованного источником $^{90}\text{Sr}$ (12,95-25,3 ПБк), в море глубиной 30 м; попытки определить его местонахождение были неудачны	[123]
18	1997	Россия	Воздушное судно	Охотское море	–	Авария вертолета привела к сбросу РИТЭГ, содержащего источник $^{90}\text{Sr}$	[123]

### Космические транспортные средства

19	1964	США	Космический корабль	Океан, Вест-Индия	SNAP-9A Transit-5BN3	Спутник, содержащий 630 ТБк $^{238}\text{Pu}$ , не был выведен на орбиту и сгорел при возвращении в атмосферу в южном полушарии	[123]
20	1968	США	Космический корабль	Санта-Барбара, шт. Калифорния	Нимбус В1	Космический корабль не был выведен на орбиту; 2 РИТЭГ были возвращены неповрежденными	[123]
21	1970	США	Космический корабль	Южная часть Тихого океана	Аполлон 13	Сбой в системе подачи кислорода привел к аварийному возвращению на Землю в лунном посадочном модуле; бортовой РИТЭГ возвратился на Землю неповрежденным и находится глубине не менее 6000 м во впадине Тонга	[123]
22	1978	СССР	Космический корабль	Северная Канада	Космос 954	Исследовательский спутник, несущий на борту малогабаритный ядерный реактор, возвратился атмосферу, и его радиоактивные фрагменты рассеялись на большой территории	[123]
23	1983	СССР	Космический корабль	Южная Атлантика	Космос 1402	Спутник не смог вывести ядерный реактор на более высокую орбиту после завершения миссии; активная зона реактора и продукты деления возвратились в атмосферу к востоку от Бразилии	[123]

№	Год	Страна	Тип транспортного средства	Место	Название	Причина и последствия	Ссылка
24	1996	США	Космический корабль	Тихий океан	Марс 96	Нештатная работа ракеты - носителя привела к возвращению в атмосферу Земли к западу от Чили; на борту имелось 18 РИТЭГ с суммарной активностью $^{238}\text{Pu}$ 174 ТБк	[123]

ТАБЛИЦА 6. АВАРИЙНЫЕ СИТУАЦИИ ПРИ ПРОМЫШЛЕННОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ: РАДИОАКТИВНЫЕ ИСТОЧНИКИ

№	Год	Место: страна	Провинция/ город	Тип использования	Описание источника*	Последствия	Полученная эффективная доза	Полученная эквивалентная доза	Главная причина	Ссылка
1	1968	Аргентина	Ла-Плата	Промышленная радиография	0,5 ТБк Cs-137	1 человек, ампутация обеих ног	0,5 Гр	17000 Гр, наибольшая доза на бедро	Работник носил источник в кармане в течение 18 часов	[124]
2	1968	Индия		Промышленная радиография	Ig-192	1 человек, изъязвление кожи	–	Макс. 130 Гр	Рабочий подобрал источник, выпавший из камеры, и носил его в его кармане в течение 2 часов	[125]
3	1968	Германия (ФРГ)		Промышленная радиография	Ig-192	1 человек с локализованным повреждением таза и бедра	1,0 Гр	40-60 Гр	Рабочий носил источник в кармане куртки	[126]
4	1969	Соединенное Королевство	Шотландия	Промышленная радиография	900 ГБк Ig-192	1 человек во время инцидента	<450 мЗв	2,15 Зв на бедро	Источник находился в незапертом контейнере на переднем пассажирском месте автомобиля. Он повернулся в «положение облучения» и облучил водителя	[127]
						8 месяцев спустя, серьезное повреждение на стенке грудной клетки	0,6 Гр	20-200 Гр	Облучение по собственной неосторожности	
5	1971	Соединенное Королевство		Промышленная радиография	185 ГБк Ig-192	1 человек получил локализованное облучение	<0,1 Гр	30 Гр	Обращение с источником без использования средств защиты	[114]

№	Год	Место: страна	Провинция/ город	Тип использования	Описание источника*	Последствия	Полученная эффективная доза	Полученная эквивалентная доза	Главная причина	Ссылка
6	1972	Китай	Сычуань	Облучение	265 ТБк Co-60	3 человека получили облучение	0,5-1,5 Гр	–	Непреднамеренный вход в помещение	[128, 129]
7	1973	СССР	Московская область	Облучение	4,2 ПБк Co-60	У 1 человека ОРС	4 Гр	–	Отказ устройства безопасности, вход с нарушением регламента	[32, 39]
8	1974	США	Шт. Нью-Джерси, Парсиппани	Облучение	4,4 ПБк Co-60	1 человек получил облучение	4,1 Гр	–	Неиспользование дозиметра перед входом в камеру для облучения	[130]
9	1975	Италия	Брешиа	Облучение	1,33 ПБк Co-60	1 смертельный исход	12 Гр	дозы на органы 12–24 Гр	Отсутствие подготовки и систем безопасности на входе конвейера с продукцией	[32, 39] [116]
10	1975	СССР	Казань	Промышленная радиационная установка	0,7 ПБк Co-60	У 2 человек ОРС и повреждение рук	3-5 Гр	30–50 Гр на руки	Весьма похожа на причину аварии в Сан-Сальвадоре в 1989 году	[32, 39]
11	1976	США	Шт. Пенсильвания (Питсбург)	Промышленная радиография	Ir-192	У 1 человека локализованное повреждение руки	–	10 или 15 Гр	–	[32, 39]
12	1977	Чехословакия	Пардубице	Промышленная радиография	Ir-192	У 1 человека локализованное повреждение руки	5 мГр	–	Технический отказ оборудования. Принятие неправильных мер с целью восстановления контроля над источником	[32, 39]
13	1977	США	Шт. Нью-Джерси (Рокауэй)	Облучение	18,5 ПБк Co-60	1 человек получил облучение	2 Гр	–	Строительные работы на установке, отсутствие мер безопасности и отказ блокировки	[130]
14	1977	Соединенное Королевство		Промышленная радиография	815 ГБк Ir-192	У 1 человека локализованное повреждение кончиков 3 пальцев	<0,1 Гр	–	Оператор, работавший в ограниченном пространстве, удерживал источник в течение 90 секунд, проводя радиографию сварного шва	[32, 39]

№	Год	Место: страна	Провинция/ город	Тип использования	Описание источника*	Последствия	Полученная эффективная доза	Полученная эквивалентная доза	Главная причина	Ссылка
15	1977	Венгрия	Дьёр	Промышленная радиография	Ig-192	1 человек получил облучение, лучевая болезнь средней тяжести	1,2 Гр	–	Отказ оборудования: источник не был возвращен в контейнер	[32, 39, 131]
16	1977	Соединенное Королевство		Производство тритиевых источников света	Выброс 11-15 ТБк Н 3, негерметизированный источник	2 человека получили облучение и внутреннее радиоактивное загрязнение	0,62 Гр и 0,64 Гр	–	Дефект входного коллектора привел к выходу трития и выбросу	[32, 39]
17	1977	Южная Африка	Трансвааль (Сасолбург)	Промышленная радиография	260 ГБк Ig-192	У 1 человека ампутация 2 пальцев, плюс удаление ребра	1,16 Гр	100 Гр	Нештатная работа контейнера с пневматическим приводом и монитора; неосторожность оператора	[32, 39]
18	1977	Перу	Зона дель Олеодукто	Промышленная радиография	Ig-192	У 3 человек локализованные повреждения рук, у 2 человек ампутация пальцев	Макс. 2 Гр	Макс. 160 Гр	Необученный персонал и отсутствие руководства работами; оборудование не зарегистрировано и не разрешено для использования	[32, 39]
19	1978	Аргентина	Буэнос-Айрес	Промышленная радиография	Ig-192	У 1 человека локализованное повреждение руки	–	12-16 Гр	Ручное обращение с источниками	[32, 39]
20	1978	США	Шт. Луизиана (Монро)	Промышленная радиография	3,7 ГБк Ig-192	У 1 человека ампутация пальца	<0,1 Гр	–	Неправильный выбор диапазона монитора мощности дозы при проверке перемещения источника в безопасное положение	[132]

№	Год	Место: страна	Провинция/ город	Тип использования	Описание источника*	Последствия	Полученная эффективная доза	Полученная эквивалентная доза	Главная причина	Ссылка
21	1979	Чехословакия	Соколов	Промышленная радиография	Ig-192	У 1 человека локализованное повреждение руки	5 мГр	–	Технический отказ оборудования и не отвечающий требованиям дозиметрический контроль во время и после выполнения работ	[32, 39]
22	1980	СССР, Россия	Ленинград	Облучение	22,2 ПБк Co-60	1 смертельный исход	>12 Гр	–	Отказ устройства безопасности, вход с нарушением регламента	[118]
23	1980	Россия	Южно-Сахалинск	Промышленная радиография	25 Ки Ig-192	1 человек умер и еще 1 получил облучение	–	>15 Гр на область живота (ребенок)	Бесхозный источник, пострадал ребенок	[118]
24	1980	Китай	Шанхай	Облучение	1,96 ПБк Co-60	У 1 человека ОРС и локализованное облучение	5,2 Гр	–	Вход в камеру для облучения в период отказа электропитания и при неисправных устройствах блокировки	[32, 39, 133]
25	1980	СССР	Смоленск	Промышленная радиография	25 Ки Ig-192	У 1 человека локализованное повреждение	<0,5 Гр	30 Гр на бедро, 12 Гр на руку	Неисправность радиографической установки	[32, 39]
26	1981	Аргентина	Буэнос-Айрес	Промышленная радиография	Ig-192	У 2 человека локализованное повреждение рук	–	–	Источник отсоединился от держателя и остался в направляющей трубке	[32, 39]
27	1982	Норвегия	Кьеллер	Облучение	2,43 ПБк Co-60	1 смертельный исход	22 Гр	–	Отказ устройства безопасности и невыполнение процедур	[40, 41]
28	1982	СССР, Азербайджан	Баку	Источник военного назначения	50 Ки Cs-137	5 человек умерли и еще 22 получили облучение	<0,5 Гр - >10 Гр	20–50 Гр на руки; 150–500 Гр на бедро	Нештатное хранение источников	[118]

№	Год	Место: страна	Провинция/ город	Тип использования	Описание источника*	Последствия	Полученная эффективная доза	Полученная эквивалентная доза	Главная причина	Ссылка
29	1982	Индонезия	Бадак, Восточный Борнео	Промышленная радиография	Ig-192	1 человек получил облучение	0,77 Гр	0,64 Гр на гонады, 11,7 Гр на руки	Ремонт источника оператором	[32, 39]
30	1982	Индия	Вихроли, Бомбей	Неизвестно	Ig-192	1 человек получил облучение	0,4-0,6 Гр	1,5-35 Гр на паховую область	Нарушение требований физической безопасности при перевозке источника; источник был утерян и найден железнодорожным рабочим	[32, 39]
31	1983	Соединенное Королевство	–	Промышленная радиография	–	1 человек получил облучение	0,56 Гр	–	Непреднамеренное облучение оператора радиографической установки	[32, 39]
32	1983	Германия	Шварце пумпе	Промышленная радиография	Ig-192	У 1 человека локализованное воздействие на руку	–	5 Гр	Технический дефект и неправильное обращение	[32, 39]
33	1983	Индия	Мюланд, Бомбей	Промышленная радиография	Ig-192	У 1 человека ампутация 4 пальцев	0,6 Гр	20 Гр?	Проведение работ необученным персоналом	[32, 39]
34	1984	Венгрия	Тисафуред	Промышленная радиография	1,11 ТБк Ig-192	У 1 человека локализованное воздействие на 3 пальца левой руки	46 мГр	20-30 Гр	Отказ оборудования и небрежное обращение с источником	[32, 39]
35	1984	Аргентина	Мендоса	Промышленная радиография	Ig-192	У 1 человека локализованное воздействие на пальцы	0,11 Гр	18 Гр	Оператор пальцем переместил источник в камеру	[32, 39]
36	1985	Индия	Ямунанагар	Промышленная радиография	Ig-192	2 человека, у каждого ампутированы 2 пальца	–	8-20 Гр	Нарушение регламентов безопасного ведения работ, связанное с отказом электропитания на рабочем месте	[32, 39]

№	Год	Место: страна	Провинция/ город	Тип использования	Описание источника*	Последствия	Полученная эффективная доза	Полученная эквивалентная доза	Главная причина	Ссылка
37	1985	Индия	Висахапатнам	Промышленная радиография	Co-60	2 человека получили облучение, ампутирован 1 палец	0,18 Гр	10-20 Гр	Нарушение регламентов безопасного ведения работ и невыполнение технического обслуживания	[32, 39]
38	1986	Китай	Хэнань	Облучение	0,3 ПБк Co-60	2 человека получили облучение	2,6 и 3,5 Гр	–	Произошел отказ электропитания, и источник был поднят вручную; работники вошли в помещение, когда источник был не экранирован	[32, 39, 128, 134]
39	1986	Китай	Пекин	Облучение	0,2 ПБк Co-60	2 человека получили облучение	0,7-0,8 Гр	–	Работники вошли в камеру для облучения, когда источник был не экранирован; отказ системы привода; незакрытая дверь	[32, 39, 128, 135]
40	1987	Китай	Город Чжэнчжоу	Облучение	3,29 ПБк Co-60	1 человек получил облучение	1,35 Гр	–	Аварийное облучение в течение приблизительно 1,5-2 минут	[133]
41	1988	Китай	Ляонин	Промышленная радиография	1,1 ТБк Ir-192	6 человек получили локализованное облучение	–	0,1-12,6 Гр	При изъятии источника из неисправного оборудования работники не пользовались индивидуальными средствами защиты	[128, 136]
42	1988	Чехословакия	Прага	Производство фольги из Am-241	Am-241, не герметизирован	У 1 человека поступление радиоактивных веществ в организм	(Доза от ингаляционного поступления 50 кБк)	–	Новые непроверенные методы прокатки; неудовлетворительная практика радиационной защиты	[32, 39]
43	1988	Китай	Чжаосянь	Облучение	Co-60	1 человек получил облучение	5,2 Гр	–	Непреднамеренное нахождение в камере для облучения в течение приблизительно 40 секунд	[32, 39]
44	1989	Индия	Хазира Гуджарат	Промышленная радиография	Ir-192	1 человек получил облучение, ампутация пальца	0,65 Гр	10 Гр	Невыполнение требований по управлению безопасностью и неправильное техническое обслуживание	[32, 39]

№	Год	Место: страна	Провинция/ город	Тип использо- вания	Описание источника*	Последствия	Полученная эффективная доза	Полученная эквивалент- ная доза	Главная причина	Ссылка
45	1989	Южная Африка	Трансвааль (Витбанк)	Промыш- ленная радио- графия	Ig-192	3 человека получили облучение, у одного ампутированы нога и пальцы	0,09-0,78 Гр	–	Выпадение источника; небрежность оператора радиографической установки (источник был неправильно закреплен) и неспособность портативного монитора обнаружить выпавший источник	[32, 39]
46	1989	Китай		Промыш- ленная радио- графия	Ig-192	У 1 человека локализован- ная доза облучения	–	18,37 Гр	–	[32, 39]
47	1989	Бангладеш		Промыш- ленная радио- графия	Ig-192	1 человек получил облучение	2,3 Гр	–	–	[32, 39]
48	1989	Китай	Пекин		Co-60	2 человека получили облучение	0,61 и 0,87 Гр	–	Аварийное облучение от источника в течение приблизительно 4 минут	[32, 39]
49	1989	Сальвадор	Сальвадор	Облучение	0,66 ПБк Co-60	1 человек умер и еще 2 получили облучение с последующей ампутацией	2,9-8,1 Гр	>30 Гр	Отсутствие обучения и серьезное ухудшение работы систем безопасности вследствие невыполнения технического обслуживания в течение длительного периода	[14]
50	1990	Южная Африка	Трансвааль (Сасолбург)	Промыш- ленная радио- графия	Co-60	6 человек получили облучение, у 3 человек локализован- ные поврежде- ния, у одного ампутация руки	0,55 Гр	–	Источник оставлен после выполнения радиографии; утеря осталась незамеченной вследствие неудовлетворительного мониторинга, с источником имели контакт 6 человек	[32, 39]

№	Год	Место: страна	Провинция/ город	Тип использования	Описание источника*	Последствия	Полученная эффективная доза	Полученная эквивалентная доза	Главная причина	Ссылка
51	1990	Китай	Шанхай	Облучение	850 ТБк Cs-60	2 человека умерли и еще 5 получили облучение	2,0-12 Гр	–	Вход в камеру для облучения без дозиметра в период отказа электропитания и при неисправных устройствах блокировки	[128, 137]
52	1990	Израиль	Сорек	Облучение	12,6 ПБк Co-60	1 смертельный исход	10-20 Гр	–	Нештатные вход и техническое обслуживание	[15]
53	1991	Беларусь	Несвиж	Облучение	30 ПБк Co-60	1 смертельный исход	11-18 Гр	–	Нештатный вход в камеру облучения, когда источник находился в положении облучения	[16]
54	1992	Соединенное Королевство	Шотландия	Промышленная радиография	Различные закрытые источники (вероятно, главным образом Ir-192)	1 человек получил хроническое облучение, как всего организма, так и локализованное	10 Гр	100 Гр	Ряд инцидентов и неудовлетворительная практика на протяжении более 14 лет	[32, 39, 138]
55	1992	Китай	Ухань	Облучение	Co-60	4 человека получили облучение	–	–	Отказ электропитания и неисправность блокировок, обеспечивающих безопасность	[128]
56	1992	Венгрия	Будапешт	Промышленная облучательная установка	5,4 ПБк Co-60	Никто не пострадал	1-2 мЗв у лиц, участвовавших в спасательных операциях	–	Сбой в работе исполнительного устройства	[131]
57	1992	Швейцария		Промышленная радиография	700 ГБк Ir-192	1 человек получил локализованное облучение	–	3,5-10 Гр	Заклинивание источника, попытка освободить его вручную	[32, 39]
58	1993	Соединенное Королевство		Промышленная радиография	700 ГБк Ir-192	1 человек получил локализованное облучение руки	<0,1 Гр	10 Гр	Нештатные процедуры, попытка освободить заклинивший источник	[32, 39]

№	Год	Место: страна	Провинция/ город	Тип использо- вания	Описание источника*	Последствия	Полученная эффективная доза	Полученная эквивалент- ная доза	Главная причина	Ссылка
59	1998	Китай	Харбин	Облучение	–	1 человек получил облучение	–	–	Отказ оборудования безопасности	[128]
60	1998	Япония	Нагасаки	Промыш- ленная радио- графия	120 ГБк, Co-60	У 1 работника облучение правой руки и всего организма	5,5 мЗв	43 Зв	Ошибка при извлечении источника; работник имел прямой контакт с источником в течение 30–60 секунд	[139]
61	1999	Перу	Янанго, Сан Рамон Хунин	Промыш- ленная радио- графия	1370 ГБк Ir-192	2 человека получили облучение; повреждения ноги, рук и спины	0,4–0,8 Зв	0,5 - >100 Гр	Работник подобрал источник, выпавший из камеры, и носил его в кармане в течение 6 часов	[22]
62	1999	Венгрия	Пакш	Утеря источника для радио- графии	70 ГБк Ir-192	Никто не пострадал	У 12 лиц дозы 0,1–6 мЗв	Нет данных	Сбой устройства	[131]
63	1999	Венгрия	Сазхаломбатта	Промыш- ленная радио- графия	300 ГБк Ir-192	3 человека получили облучение; радиационных повреждений нет	0,6–2,7 мЗв	Нет данных	Неправильный демонтаж радиографического источника	[131]
64	2000	Бразилия	Рио-де-Жанейро	Промыш- ленная радио- графия	Co-60	1 человек получил облучение и повреждение руки	–	–	Облучение при выполнении регулярного технического обслуживания	[140]
65	2001	Венгрия	Дунайварош	Промыш- ленная радио- графия	800 ГБк Ir-192	Никто не пострадал	10–300 мкЗв у работников аварийно- спасательных служб	Нет данных	Заклинивание источника, впоследствии устройство было отремонтировано согласно процедурам	[131]

№	Год	Место: страна	Провинция/ город	Тип использо- вания	Описание источника*	Последствия	Полученная эффективная доза	Полученная эквивалент- ная доза	Главная причина	Ссылка
66	2004	Китай	Шаньдун, Цзинин	Облучение	38 кКи, Со-60	2 смертельных исхода	20,0 Гр и 8,8 Гр	–	Работники вошли в камеру для облучения, когда источник был не экранирован вследствие отказа электрооборудования	[141, 142]
67	2005	Чили	Концепсьон/Нуэ- ва Альдеа	Гамма-ра- диография	3,33 ТБк Ir-192	У 1 работника повреждение на левой ягодице; у 1 работника повреждение на правой руке; у 1 работника повреждение на правой ноге	0,54–1,03 Гр  0–0,42 Гр  <ЛД	–	Несоблюдение регламентирующих требований и правил безопасности	[143]
68	2006	Бельгия	Флерус	Облучение	312 ТБк Cs-60	1 человек получил облучение	4,4-4,8 Гр	–	Сбой в работе командно/контрольной гидравлической системы и отказ системы безопасности	[144]

ТАБЛИЦА 7. АВАРИЙНЫЕ СИТУАЦИИ ПРИ ПРОМЫШЛЕННОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ: УСКОРИТЕЛИ И РЕНТГЕНОВСКИЕ УСТАНОВКИ

№	Год	Место: страна	Провинция/ город	Тип использования	Описание источника*	Последствия	Полученная эффективная доза	Полученная эквивалентная доза	Главная причина	Ссылка
1	1960	США	Нью-Йорк (Локпорт)	Облучение	Клистрон	Неравномерное облучение: у 2 человек серьезные повреждения; у 5 - менее серьезные повреждения	–	до 12 Гр	При проведении технического обслуживания/ремонта не была установлена биологическая защита	[145]
2	1965	США	Шт. Иллинойс (Рокфорд)	Облучение	Ускоритель (электронный, 10 МэВ)	У 1 человека ампутации	0,05 Гр	290 Гр на лодыжку, 420 Гр на руку	–	[146, 147]
3	1967	США	Шт. Пенсильвания (Питсбург)	Облучение	Линейный ускоритель	У 1 человека ОРС и многократные ампутации, у 2 человек ОРС	6, 3 и 1 Гр	От 27 до 59 Гр	Отказ блокировки системы безопасности	[146, 148]
4	1974	США	Шт. Иллинойс	Анализ	Спектрометр	3 человека получили локализованное облучение	–	2,4-48 Гр	–	[114]
5	1975	Германия		Анализ	Рентгенофлюоресцентный анализатор	У 1 человека эритема пальцев	–	30 Гр	Неосторожность и технические ошибки при выполнении ремонта	[32, 39]
6	1975	Германия		Промышленная радиография	Рентгеновское оборудование	1 человек получил облучение	–	2 Гр на туловище	Неосторожность и технические дефекты	[32, 39]

№	Год	Место: страна	Провинция/ город	Тип использо- вания	Описание источника*	Последствия	Полученная эффективная доза	Полученная эквивалент- ная доза	Главная причина	Ссылка
7	1976	Германия		–	Рентгено- ское оборудо- вание	У 1 человека эритема	1 Гр	–	Неквалифицированное обращение с оборудованием	[32, 39]
8	1977	Аргентина	Ла-Плата	Кристалло- графия	Рентгено- ское оборудо- вание	У 1 человека локализован- ное воздейст- вие на пальцы	–	10 Гр	Удалена заслонка из кристаллографического комплекта	[32, 39]
9	1979	Германия	Фрайберг	Анализ	Рентгено- флуорес- центный анализатор	1 человек получил облучение	0,2-0,5 Гр	10-30 Гр на правую руку	Нарушение безопасного рабочего регламента	[32, 39]
10	1980	Германия	Болен	Анализ	Аналити- ческая рент- геновская установка	У 1 человека локализованно е облучение	–	15-30 Гр на левую руку	Нарушение безопасного рабочего регламента	[32, 39]
11	1980	Германия		–	Установка «Радиограм»	1 человек получил облучение	0,2 Гр	23 Гр на руку	Неисправное оборудование	[32, 39]
12	1981	Германия		Анализ	Рентгено- флуорес- центный анализатор	У 1 человека локализованно е повреждение	–	20-30 Гр на большой палец правой руки	Нарушение регламента безопасного проведения работ	[32, 39]
13	1983	Германия		–	Рентгено- ское оборудо- вание	У 1 человека частичное облучение тела	–	6-12 Гр	Неисправное оборудование	[32, 39]
14	1985	Китай	Шанхай	Облучение	Ускоритель	У 1 человека локализованно е повреждение	–	25-210 Гр	Вход в зону облучения во время работы главного двигателя	[128, 149]

№	Год	Место: страна	Провинция/ город	Тип использо- вания	Описание источника*	Последствия	Полученная эффективная доза	Полученная эквивалент- ная доза	Главная причина	Ссылка
15	1987	Индонезия	Сиребон, Западная Ява	Промыш- ленная радиография	Рентгенов- ская установка	У 1 человека облучение руки	–	10 Гр	Ремонт заслонки во время работы установки	[32, 39]
16	1991	США	Шт. Мэриленд (Балтимор)	Облучение	Ускоритель	1 человек, ампутация большинства пальцев	–	55 Гр	Облучение от темнового тока во время технического обслуживания	[150]
17	1991	Франция	Форбах	Облучение	Ускоритель	У 1 человека локализован- ные серьезные повреждения кожи, у 2-х менее серьезные повреждения	<1 Гр	40 Гр	Облучение от темнового тока ускорителя	[32, 39]
18	1992	Италия		Анализ	Рентгенов- ский спектрометр	У 1 человека повреждения пальцев на обеих руках	–	около 20 Гр	Нештатная процедура технического обслуживания	[151]
19	1993	Соединенн ое Королевств о		Радиография	Рентгенов- ская установка 160 кВ	У 1 человека повреждение пальцев одной руки	–	60 Гр	Неправильные процедуры и отказ систем предупредительной сигнализации	[152]
20	1994	Мексика	Лазарус Карденас	Анализ	Рентгенов- ский спектрометр	У 1 человека повреждение одного пальца	–	–	Устройство не было обесточено перед выполнением ремонта	[153]
21	1995	Бразилия		Анализ	Рентгенов- ская дифрак- ционная установка	У 1 человека повреждение руки	–	–	Неудовлетворительное выполнение технического обслуживания устройства; заднее окошко осталось открытым	[154]

№	Год	Место: страна	Провинция/ город	Тип использо- вания	Описание источника*	Последствия	Полученная эффективная доза	Полученная эквивалент- ная доза	Главная причина	Ссылка
22	1999	США		Облучение	Генератор электрон- ного пучка	У 1 человека повреждение руки	–	50 Гр	Облучение руки оператора остаточным пучком при испытаниях процесса изготовления (хроническое облучение в течение более 1 месяца)	[155]
23	2000	Япония	Йокаишиба	Облучение	Рентгенов- ская установка	У 3 человек повреждение рук	–	50-100 Гр	Работники преднамеренно заблокировали устройство безопасности	[156]
24	2001	Китай	Лэшань	Детектор	Рентгенов- ский де- фектоскоп	У 2 человек облучение всего тела и локализован- ное облучение	–	50 мГр на гонады, 0,045 Гр на область живота	Дефектоскоп продолжал работать в период присутствия работников	[157]

ТАБЛИЦА 8. АВАРИЙНЫЕ СИТУАЦИИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ: РАДИОАКТИВНЫЕ ИСТОЧНИКИ

№	Год	Место: страна	Провинция/ город	Тип использования	Описание источника*	Последствия	Полученная эффективная доза	Полученная эквивалентная доза	Главная причина	Ссылка
1	1960	США	Мадисон	Облучение проб	7 ТБк Co-60	1 студент получил облучение	2,5-3 Гр	30 Гр	Извлечение источника во время облучения проб	[158]
2	1962	СССР	Москва	Облучение	1,9 ПБк Co-60	1 человек получил облучение	2,5-3 Гр	12 Гр	Нарушение регламентов безопасного проведения работ, вход в камеру для облучения в нарушение регламента	[159]
3	1971	США	Шт. Теннесси	Облучение	285 ТБк Co-60	1 ученый получил облучение	1,3 Гр	12 Гр на руку	Сбой оборудования и ошибка при эксплуатации	[160]
4	1978	Швеция	Нючепинг	–	Исследовательский реактор	У 1 человека локализованное повреждение руки	–	30 Гр	Невыполнение инструкций по работе	[32, 39]
5	1979	Германия	Россендорф	Нейтронная активация	Исследовательский реактор	У 1 человека локализованное повреждение руки	–	20-30 Гр на правую руку	Недооценка уровня активации	[32, 39]
6	1980	Германия	Россендорф	Радиохимическая лаборатория	P-32, не герметизирован	1 человек: Радиоактивное загрязнение руки	–	100 Гр	Дефект защитной перчатки привел к радиоактивному загрязнению	[32, 39]
7	1983	Германия	Лейпциг	Радиохимическая лаборатория	Am-241, не герметизирован	У 1 человека поступление радиоактивных веществ в организм	0,076 Гр	–	Взрыв сосуда, содержавшего раствор Am-241	[32, 39]

ТАБЛИЦА 9. АВАРИЙНЫЕ СИТУАЦИИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ: УСКОРТЕЛИ И РЕНТГЕНОВСКИЕ УСТАНОВКИ

№	Год	Место: страна	Провинция/ город	Тип использо- вания	Описание источника*	Последствия	Полученная эффективная доза	Полученная эквивалент- ная доза	Главная причина аварии	Ссылка
1	1972	Соед. Коро- левство		Аналити- ческая рентге- новская установка	Рентгеновая кристаллография	У 1 человека локализованное повреждение 2 пальцев	–	15-20 Гр	Перед проведением технического обслуживания и во время его проведения была удалена заслонка	[161]
2	1975	Германия		Аналити- ческая рентге- новская установка	Рентгенофлюо- ресцентный анализатор	У 1 человека локализованное повреждение пальцев	–	–	Нарушение регламента безопасного проведения работ	[32, 39]
3	1977	США	Шт. Калифорния (Беркли)	Облуче- ние проб	Рентгеновая установка 30кВ	У 1 человека локализованное облучение: ампутация 2 пальцев одной руки и 1 пальца другой руки	–	70 Гр на руку	Отказ защитной блокировки	[32, 39]
4	1977	СССР	Киев	Исследо- вания	Протонный ускоритель с энергией 40 МэВ	У 1 человека локализованное повреждение руки	<0,5 Гр	12-30 Гр на руки	Нарушение правил безопасности	[32, 39]
5	1978	СССР	Ленинград	Исследо- вания	Ускоритель электронов	У 1 человека локализованное повреждение руки, у второго – грудной клетки	0,5-1,2 Гр	30 Гр на руку, 20 Гр на грудную клетку	Нарушение правил безопасности	[32, 39]

№	Год	Место: страна	Провинция/ город	Тип использо- вания	Описание источника*	Последствия	Полученная эффективная доза	Полученная эквивалент- ная доза	Главная причина аварии	Ссылка
6	1978	СССР	Протвино	Исследо- вания	Протонный ускоритель 70 ГэВ, пучок 1 мм, только игла	–	–	Не могла быть измерена	Ошибка операторов	[159]
7	1981	Германия	Берлин	Аналити- ческая рентге- новская установка	–	У 1 человека локализованное повреждение левой руки	–	5 Гр	Нарушение регламента безопасного проведения работ	[32, 39]
8	1982	Германия	Берлин	Аналити- ческая рентге- новская установка	–	У 1 человека локализованное повреждение пальца	–	6-18 Гр	Нарушение регламента безопасного проведения работ	[32, 39]
9	1984	Перу	Лима	Аналити- ческая рентге- новская установка	Оборудование для дифракционного рентгеновского анализа	У 6 человек повреждение пальцев	–	5-40 Гр	Ошибка при руководстве проведением работ; облучение связано с незнанием степени риска; использование оборудования, не официально зарегистрированного в компетентных органах	[32, 39]
10	1988	Германия	Трузеталь	Аналити- ческая рентге- новская установка	–	У 2 человек повреждение рук	–	4 Гр	Техническая неисправность	[32, 39]
11	1988	Германия	Йена	Аналити- ческая рентге- новская установка	–	У 1 человека локализованное повреждение руки	–	3 Гр	Нарушение регламента безопасного проведения работ	[32, 39]

№	Год	Место: страна	Провинция/ город	Тип использо- вания	Описание источника*	Последствия	Полученная эффективная доза	Полученная эквивалент- ная доза	Главная причина аварии	Ссылка
12	1992	Вьетнам	Ханой	Облуче- ние проб	Исследователь- ский ускоритель (15 МэВ)	У 1 человека локализованное повреждение пальцев руки, и у 1 человека ампутация руки	1-2 Гр	10-50 Гр	Неудовлетворительная конструкция и вход с нарушением регламента с целью коррекции положения пробы относительно пучка	[17]
13	1994	США	Шт. Калифорния (Дэвис)	Аналити- ческая рентге- новская установка	Оборудование для дифракционного рентгеновского анализа (45 кВ)	У 1 человека локализованное повреждение обеих рук	–	–	Блокировка системы безопасности при производстве ремонтных работ	[162]

ТАБЛИЦА 10. АВАРИЙНЫЕ СИТУАЦИИ, СВЯЗАННЫЕ С БЕСХОЗНЫМИ РАДИОАКТИВНЫМИ ИСТОЧНИКАМИ

№	Год	Место: страна	Провинция/ город	Тип исполь- зования	Описание источника*	Последствия	Полученная эффектив- ная доза	Полученная эквивалент- ная доза	Главная причина	Ссылка
1	1960	СССР	Москва	Промышленная радиография	7,5 ТБк Cs-137	1 человек получил облучение	14,8 Гр	1650 Гр	Человек закрепил источник на ремне брюк и вращал его вокруг тела в течение более чем 15 часов — самоубийство	[32]
2	1962	Мексика	Мехико	Промышленная радиография	0,2 ТБк Co-60	Мать, 2 ребен- ка и бабушка умерли. Отец (получивший наибольшую дозу) выжил ввиду распре- деления дозы облучения на период време- ни, превыша- ющий 4 ме- сяца (периоды работы вне дома)	28-120 Гр	—	Источник без средств защиты оставлен во дворе дома. Мальчик принес его домой, где он оставался в течение 4 месяцев	[44]
3	1963	Китай	Саньянь (Хэфэй)	Сельскохозяй- ственные исследования	0,43 ТБк Co-60	Фермер и его брат умерли. Еще 4 чело- века получили высокие дозы облучения	2-80 Гр	—	Оставленный без присмотра источник попал в дом фермера, где он оставался в течение 10 дней	[128, 134, 163]
4	1971	Япония	Ичихара, префектура Чиба	Промышленная радиография	194 ГБк Ir-192	6 человек получили облучение: у 3 человек ОРС и локальные повреждения	0,15-1,5 Гр	до 90 Гр	Несоблюдение процедур подтверждения возврата источника в исходное положение и отключение кабеля, в результате чего источник упал на землю на территории верфи. Источник был подобран работником	[164]

№	Год	Место: страна	Провинция/ город	Тип использования	Описание источника*	Последствия	Полученная эффективная доза	Полученная эквивалентная доза	Главная причина	Ссылка
5	1973	Мексика	Тула, Идальго		Cs-137	у 1 человека ампутация левой ноги	–	1400 Гр	Источник выпал из контейнера в грузовом автомобиле (деревянная заглушка ослабла из-за вибрации), был подобран и попал в карман.	[165]
6	1977	Южная Африка	Претория	Промышленная радиография	260 ГБк Ir-192	У 1 человека повреждения рук и грудной клетки, еще 5 человек также получили обучение	1,1 Гр	50-100 Гр	Источник отсоединился от приводного кабеля. Он был подобран на полу предприятия и отнесен домой	[166]
7	1978	Китай	Хэнань		54 ГБк Cs-137	29 человек	0,01-0,53 Гр	–	Неиспользованный источник попал в дом работника	[32, 39, 128, 167]
8	1978	Алжир	Шегиф	Промышленная радиография	925 ГБк Ir-192	1 человек умер и еще 6 получили значительное облучение	–	–	Источник выпал из грузового автомобиля, был подобран 2 мальчиками и принесен домой	[45, 168]
9	1979	США	Шт. Калифорния (Лос-Анджелес)	Промышленная радиография	1,0 ТБк Ir-192	У 1 человека повреждение правой ягодицы; еще у 4 незначительные повреждения кожи	0,75-1 Гр	800-4000 Гр у получивших наибольшие дозы	Невыполнение оператором радиографической установки проверки хранения источника привело к тому, что источник выпал и был подобран работником	[169]
10	1982	Китай	Ханьчжун		1,0 ТБк Co-60	–	0,42-3 Гр	–	Источник был похищен	[128, 170, 171]

№	Год	Место: страна	Провинция/ город	Тип использования	Описание источника*	Последствия	Полученная эффективная доза	Полученная эквивалентная доза	Главная причина	Ссылка
11	1983	Мексика	Сьюдад Хуарес	Лучевая терапия	16,6 ТБк Co-60 в составе ~6000 таблеток, активностью 2,77 ГБк каждая	10 человек получили облучение  Некоторые неповрежденные таблетки и переплавленные таблетки, включенные в металлические изделия, вызвали хроническое облучение значительного числа лиц из населения, однако острых эффектов не наблюдалось	0,25–5,0 Зв для 10 лиц, подвергшихся наибольшему облучению	–	Устройство было помещено в долгосрочное хранилище без средств обеспечения безопасности. Оно было незаконно изъято с целью продажи в качестве металлолома; была нарушена герметичная оболочка источника; некоторые таблетки источника попали в общественную сферу; остальные были переплавлены	[92, 172]
12	1984	Марокко	Касабланка	Промышленная радиография	0,6 ТБк Ir-192	Длительное облучение привело к смертельным случаям у 4 взрослых и 4 детей	–	–	Источник отсоединился от держателя; дозиметрический контроль отсутствовал. Он был найден лицом из населения и принесен домой; хранился в семейной спальне; источник был обнаружен 80 дней спустя	[46, 173]
13	1985	Китай	Муданьцзян		370 ГБк Cs-137	Длительное облучение 3 человек; 1 смертельный исход	8-10 Гр	–	Источник был найден и попал в дом, где он оставался в течение 150 дней	[133, 174]

№	Год	Место: страна	Провинция/ город	Тип исполь- зования	Описание источника*	Последствия	Полученная эффектив- ная доза	Полученная эквивалент- ная доза	Главная причина	Ссылка
14	1987	Бразилия	Гояния	Лучевая терапия	50,9 ТБк Cs-137 (растворимый хлорид цезия в капсуле)	129 человек получили облучение: 4 человека умерли.  Поступление радиоактив- ных веществ в организм и внешнее облучение привели к тому, что 21 человек получил дозы более 1 Гр, у 19 имелись повреждения кожи, а у 129 человек имели место поступления радиоактив- ных веществ в организм (наибольшая доза 4 ГБк, один человек умер)	до 7 Гр		Оставлено без присмотра устройство, содержащее источник на основе радиоактивного цезия; устройство было разобрано	[13, 175]
15	1988	Китай		Радиография	220 ГБк Ir-192	1 человек получил облучение	0,5-1 Гр	–	Источник упал на землю, работник подобрал его, принес домой, где он находился в течение приблизительно 50 часов	[176]
16	1988– 1992	СССР	Украина		2,6 ТБк Cs-137	2 мальчика, находившихся в спальне, умерли	–	–	Источник был найден замурованным в стену спальни	[46]

№	Год	Место: страна	Провинция/ город	Тип исполь- зования	Описание источника*	Последствия	Полученная эффектив- ная доза	Полученная эквивалент- ная доза	Главная причина	Ссылка
17	1992	Китай	Циньчжоу	Облучение	400 ГБк, Со-60	3 человека умерли и еще 11 получили значительное облучение	Доза у погибших >8 Гр:	–	В изъятой из употребления установке для облучения был оставлен источник. Фермер, работавший на месте уничтожения установки, подобрал источник; вместе с ним источник попал в больницу	[128, 177]
18	1993– 1998	Турция	Стамбул	Лучевая терапия	3,3 ТБк Со-60	У 18 человек ОРС, у 1 человека повреждения на 1 руке	3 Гр	10-20 Гр	Неудовлетворительное обеспечение сохранности источников в течение длительного периода времени привело к тому, что контейнеры с источниками были проданы в качестве металлолома и разобраны	[21]
19	1994	Эстония	Таммику	Облучение	1,6 ТБк Cs-137 часть излучателя	6 человек получили облучение, 1 умер, у 2 человек локализован- ные повреждения	4 Гр	1800 Гр	Источник первоначально был найден в металлоломе. Затем он хранился без соблюдения мер безопасности; он был похищен и принесен в дом	[18]
20	1994	Грузия		Лучевая терапия		1 человек умер	–	–	Авария произошла с оставленным без присмотра источником для лучевой терапии	[178]
21	1995	Россия	Москва		48 ГБк Cs-137	1 человек умер (хроническое облучение)	7,9 Гр	65 Гр	Источник находился в кармане двери грузового автомобиля в течение приблизительно 5 месяцев	[179, 180]
22	1995	Франция		Радиография	1 ТБк Ir-192	У 1 человека локализова- нное повреждение	–	>30 Гр	Обращение с источником без использования средств индивидуальной защиты	[32, 39]

№	Год	Место: страна	Провинция/ город	Тип исполь- зования	Описание источника*	Последствия	Полученная эффектив- ная доза	Полученная эквивалент- ная доза	Главная причина	Ссылка
23	1996	Иран	Гилян	Промышленная радиография	185 ГБк Ir-192	У 1 человека ОРС и локали- зованные повреждения грудной клетки	4,5 Гр	40 Гр	Контейнер радиографического источника не был закрыт, в результате чего источник выпал из него; ввиду отсутствия дозиметрического контроля и несоблюдения регламентов источник был найден и подобран работником	[26]
24	1996– 1997	Грузия	Лило	Военные учения	Несколько источников, главным образом Cs-137, от 0,01 до 164 ГБк	У 11 человек хроническое облучение в течение различных периодов времени, местные повреждения и некоторые системные эффекты	4,5 Гр	10-30 Гр	Брошенные источники в военном учебном центре	[23]
25	1999	Китай	Хэнань	Отслуживший источник для лучевой терапии	101 ТБк Co-60	7 человек подверглись облучению	1-6 Гр	до 20 Гр	Источник был найден в хозяйстве фермера	[181]
26	2000	Таиланд	Самут Пракарн	Лучевая терапия	15,7 ТБк Co-60	3 человека умерли, а еще 7 подверглись значительном у облучению (у 5 человек из 10 также локализован- ные повреждения)	>6 Гр (летальные исходы) 1–6 Гр (прочие)	–	3 старые установки для лучевой терапии были оставлены на незащищенной автостоянке. Контейнер с источником из одной из них был перемещен на свалку и разобран	[25]

№	Год	Место: страна	Провинция/ город	Тип использования	Описание источника*	Последствия	Полученная эффективная доза	Полученная эквивалентная доза	Главная причина	Ссылка
27	2000	Египет	Мит Хальфа	Промышленная радиография	1,85 ТБк Ir-192	Отец и сын умерли, еще 5 человек подверглись облучению	5-8 Гр (летальные исходы) 3-4 Гр (прочие)	–	Источник был утерян работником, проводившим контроль сварных швов труб, был найден фермером и принесен домой	[182, 183]
28	2000	Россия	Самарская область	Промышленная радиография	9 ТБк Ir-192	3 техника-радиографа подверглись облучению, у 1 повреждение руки	1-3 Гр	30-70 Гр	Неудовлетворительные процедуры, отсутствие батарей в дозиметрах и недостаточная подготовка техников-радиографов в области безопасности	[184]
29	2000	Китай	Хэнань		Со-60	1 человек получил облучение	1,44 Гр	–		[185]
30	2000	Китай	Хэнань		Внутреннее гамма-переоблучение	1 человек получил облучение	0,15 Гр	–		[185]
31	2000	Япония	Вакаяма	Неизвестен	230 МБк, Cs-137, 1,8 ГБк, Am-Be нейтронный источник	Никто не пострадал	–	–	Два источника излучения были найдены в контейнере с металлоломом, импортированном из Филиппин	[156]
32	2000	Япония	Хиого	Медицинская терапия	Радиевая игла	Никто не пострадал	–	–	В контейнере с металлоломом были найдены четыре радиевые иглы.	[156]
33	2000	Япония	Окаяма		Обедненный уран	Никто не пострадал	–	–	На свалке был найден обедненный уран	[156]
34	2000	Япония	Кавасаки		1 МБк и 3 МБк, радий	Никто не пострадал	–	–	Источник был найден на свалке	[156]
35	2001	Япония	Шиннано		5,5 ГБк Cs-137	Никто не пострадал	–	–	Источник был найден на свалке в контейнере, импортированном из Тайваня	[156]

№	Год	Место: страна	Провинция/ город	Тип использо- вания	Описание источника*	Последствия	Полученная эффектив- ная доза	Полученная эквивалент- ная доза	Главная причина	Ссылка
36	2001	Грузия	Лия	РИТЭГ (радиозотоп- ный термоэлек- трический генератор)	22,6 ПБк Co-90	3 человека по- лучили облу- чение, у 2 человек серьезные ло- кализованные повреждения	1-4 Гр	20 Гр	Лесорубы нашли испускающие тепло объекты (2 брошенных источника) и использовали их в качестве нагревателей	[186]
37	2002	Китай	Южный Китай		Ir-192	Более 70 человек ранены	–	–	Преднамеренное нанесение одним лицом вреда другим лицам	[187]

ТАБЛИЦА 11. АВАРИЙНЫЕ СИТУАЦИИ В МЕДИЦИНСКИХ ПРИМЕНЕНИЯХ

№	Год	Место: страна	Провинция/ город	Тип использования	Последствия	Полученная эффективная доза	Полученная эквивалент- ная доза	Главная причина	Ссылка
1	1967	Индия		Телетерапия Co-60	1 работник, повреждение руки	–	80 Гр	Контакт с источником при перемещении	[188]
2	1968	США	Шт. Висконсин	Ядерная медицина, Au-198	Смерть 1 пациента	4-5 Гр	70-90 Гр на печень	Полученная доза превысила предписанную (7,4 ГБк вместо 7,4 МБк)	[189, 190]
3	1966	СССР	Калуга	Медицинская радиография, рентгеновское излучение 50 кВ	У 1 человека локализованное облучение головы	1,5 Гр	>20 Гр на лоб	Грубая ошибка оператора	[114]
4	1970	Австралия		Рентгеновское излучение	У 2 человек локализованное облучение	–	4-45 Гр		[114]
5	1972	Китай	Ухань	Лучевая терапия Co-60	20 пациентов и 8 работников подверглись облучению	0,5-2,45 Гр	–	Источник выпал из держателя и оставался незамеченным в течение 16 дней; конструкция устройства не соответствовала международным стандартам	[128, 168, 191]
6	1974– 1976	США	Шт. Огайо (Риверсайд)	Лучевая терапия Co-60	Переоблучение 426 пациентов	Превышение на 10–45%	–	Использование неправильной кривой распада, отсутствие периодической калибровки выходного излучения	[155]
7	1975	Германия		Рентгеновское оборудование	1 работник подвер- гся облучению, голова и верхняя часть туловища	–	>1 Гр	Возможное нарушение регламента безопасного проведения работ при техническом обслуживании	[32, 39]
8	1975	Аргентина	Тукуман	Телетерапия Co-60	2 работника подверглись облучению, повреждения пальцев	–	–	Отказ механического устройства, связанного с источником	[32, 39]

№	Год	Место: страна	Провинция/ город	Тип использования	Последствия	Полученная эффективная доза	Полученная эквивалент- ная доза	Главная причина	Ссылка
9	1975	СССР, Россия	Свердловск	460 ПБк Co-60	1 человек умер и еще 2 получили облучение	3,0-7,0 Гр	3,0-7,0 Гр	Случайное выпадение источника при транспортировке из контейнера	[118]
10	1977	Германия		Установка для получения радиограмм на базе Ir-192	У 1 работника локализованное повреждение	0,01 мГр	5 Гр	Неисправное оборудование	[32, 39]
11	1977	Соед. Королев- ство		Ядерная медицина I-125	У 2 работников поступление в организм, у 1 работника значительное облучение щитовидной железы	–	1,7 Гр	Аварийное радиоактивное загрязнение работников лаборатории	[32, 39]
12	1979	Аргентина	Парана	Диагностическая радиология	1 работник получил облучение	0,94 Гр	–	Неисправность проводки привела к эмиссии рентгеновского излучения, когда флюороскоп был открыт сверху	[32, 39]
13	1980	Индия	Лудхиана	Лучевая терапия	3 работника или пациента, неблагоприятные последствия для здоровья отсутствуют	0,25, 0,4 и 0,5 Гр	–	Дефектное оборудование (протечка ртути через заслонку)	[32, 39]
14	1981	Франция	Сент	Телетерапия, 137 ТБк Co-60	У 3 работников ампутация рук	–	>25 Гр	Прямой контакт рук с источником во время операции загрузки источника	[192]
15	1981– 1991	Соед. Королев- ство		Лучевая терапия	1045 (у 492 пациентов возникли местные рецидивы, возможно, в результате недостаточной дозировки)	–	Доза ниже требуемой на 5–30%	Неправильный ввод в эксплуатацию компьютерной системы планирования лечения при лучевой терапии.	[178]

№	Год	Место: страна	Провинция/ город	Тип использования	Последствия	Полученная эффективная доза	Полученная эквивалент- ная доза	Главная причина	Ссылка
16	1982	Аргентина	Ла-Плата	Рентгеновская терапевтическая установка	У 1 работника катаракты	0,12 Гр	5,8 Гр	Оператор производил наблюдение через окошко трубки при замене трубки, не зная, что система находилась под напряжением	[193]
17	1985	США	Шт. Джорджия (Мариятта)	Ускоритель Therac-25 для лучевой терапии	У 1 пациента повреждение руки и плеча	Полученная доза намного превышала предписанную	–	Проблема интеграции аппаратных средств и программного обеспечения системы	[193]
18	1985	Канада	Онтарио (Гамильтон)	Ускоритель Therac-25 для лучевой терапии	У 1 пациента серьезное повреждение бедра	Полученная доза намного превышала предписанную	–	Проблема интеграции аппаратных средств и программного обеспечения системы	[193]
19	1985	Соед. Королев- ство		Ядерная медицина I-125	У 1 работника поступление в организм и облуче- ние щитовидной железы	–	400 Гр	Техник, работая в перчатках, загрязненных <sup>125</sup> I, порезал палец; высасывал кровь из порезанного пальца	[32, 39]
20	1985	Китай		Инъекции Au-198	3 пациента, 1 умер	Полученная доза намного превышала предписанную	–	Ошибка при лечении	[114]
21	1986	Соед. Королев- ство		Лучевая терапия, 130 ТБк Co-60	У 1 работника повреждение руки	<0,1 Гр	15 Гр	Облучение во время замены источника. Некоаксиальность труб не позволила переместить источник в безопасное положение	[32, 39]
22	1986	США	Шт. Техас (Тайлер)	Ускоритель Therac-25	1 пациент умер	Полученная доза намного превышала предписанную	–	Проблема интеграции аппаратных средств и программного обеспечения системы	[193]

№	Год	Место: страна	Провинция/ город	Тип использования	Последствия	Полученная эффективная доза	Полученная эквивалент- ная доза	Главная причина	Ссылка
23	1986– 1987	Германия		Лучевая терапия Co-60	86 пациентов	–	–	Расчет дозы от источника Co-60 на основе ошибочных таблиц доз (различные степени передозировки). Независимого определения мощности дозы не проводилось.	[178]
24	1987	США	Шт. Вашингтон (Якима)	Ускоритель Therac-25	Переоблучение 1 пациента	Полученная доза намного превышала предписанную	90-100 Гр на грудную клетку	Проблема интеграции аппаратных средств и программного обеспечения системы и ошибка оператора	[193]
25	1987– 1988	США	Шт. Мэриленд	Телетерапия Co-60	33 человека получили облучение; 20 человек умерли.  У 33 пациентов высокие дозы на мозг	Нет данных	На 75%> предписанных	Планирование лечения, компьютерный файл не был обновлен после замены источника	[178]
26	1988	Нидерланды	Роттердам	Ускоритель «Sagittaire»	У 1 пациента повреждение верхней части туловища и головы	–	10-20 Гр	Утечка радиации во время сеанса терапии	[194]
27	1988	Соединенное Королевство		Лучевая терапия Co-60	207 пациентов	–	Передозировка на 25%	Ошибка при калибровке установки для лучевой терапии на базе Co-60 (передозировка на 25%). Независимая калибровка пучка не проводилась	[178]
28	1988– 1989	Соединенное Королевство		Источник для брахитерапии на базе Cs-137	22 пациента	–	Передозировка на 75%	Ошибка при идентификации источников для брахитерапии на базе Cs-137 (ошибки дозиметрии от -20% до +10%). Независимое определение активности источника не проводилось.	[178]

№	Год	Место: страна	Провинция/ город	Тип использования	Последствия	Полученная эффективная доза	Полученная эквивалент- ная доза	Главная причина	Ссылка
29	1990	Испания	Сарагоса	Линейный ускоритель	У 27 пациентов переоблучение, 15 умерли	Доза в 2-7 раз превышала предписанную	–	Не проводились испытания после технического обслуживания. Предполагается, что зависли показания измерительного прибора на пульте управления; установка работала на максимальной энергии (энергия электронного пучка 36 МэВ) независимо от задаваемой энергии.	[155, 178, 195]
30	1992	США	Шт. Пенсильвания (Индиана)	Источник для брахитерапии (16 ГБк, проволока из Ir-192)	1 пациент умер; источник оставался в организме пациента в течение 4 дней, еще 94 человека подверглись облучению. Источник выпал из тела пациента и был утилизирован в биологически опасные отходы; был обнаружен, но подвергнут дозиметрическому контролю на установке для сжигания отходов	–	16 000 Гр на расстоянии 1 см вместо 18 Гр	Источник выпал; не было проверено возвращение источника в экранированный держатель	[155, 178, 196]
31	1994	США		Брахитерапия с высокой мощностью дозы (ВМД)	Пациент получил дозу на неправильную область	Нет данных	12 Гр	Ошибки планирования лечения	[197]
32	1995	Перу	Арекипа	Телетерапия Co-60	1 человек получил облучение и повреждения руки	0,7 Зв	>30 Гр	Неквалифицированный работник попытался отремонтировать кобальтовую установку и прикоснулся к источнику правой рукой; время контакта менее одной секунды	[32, 39]

№	Год	Место: страна	Провинция/ город	Тип использования	Последствия	Полученная эффективная доза	Полученная эквивалентная доза	Главная причина	Ссылка
33	1996	Коста-Рика	Сан Хосе	Телетерапия Co-60	Переоблучение 63 пациентов: 17 человек умерли	Дозы на 50-60% превышали предписанные	–	Ошибка при расчете мощности дозы	[20, 178]
34	1998	Япония	Окинава	Лучевая терапия, 296 ГБк Ir-192	2 работника получили облучение	–	Без последствий для здоровья	Неосторожное прикосновение к источнику во время его замены	[156]
35	1999–2000	Япония	Токио	LINAC	Переоблучение 23 пациентов	Дозы в 1,23 раза превышали предписанные	–	Ошибка при вводе данных о дозе в компьютер, задающий лечебную дозу	[156]
36	2000–2001	Панама	Панама	Телетерапия Co-60	Переоблучение 23 пациентов: 5 умерли, другие получили значительные повреждения.	Дозы в 2 раза превышали предписанные	–	Неправильное пользование системой планирования лечения	[24, 198]
37	2001	Польша	Белосток	Линейный ускоритель	У 5 пациентов повреждения	Значительно выше предписанных	–	Отказ электропитания привел к повреждению системы контроля доз и системы безопасности	[27]
38	2001	Япония	Токио	Linac-CT	1 работник получил облучение	<200 мЗв	–	Работник находился над потолком и был случайно облучен в ходе испытаний генератора излучения	[156]
39	2002	Китай	Хэнань	Лучевая терапия Co-60	У 1 работника облучение правой руки и всего организма	1-2 Гр	>20 Гр	Неосторожность при проведении технического обслуживания	[199]
40	2004	Франция	Эпиналь		Переоблучение 23 пациентов; 4 умерли	Дозы на 20% превышали предписанные	–	Ошибки в планировании лучевой терапии. Инструкции для оператора не на понятном языке	[200]

№	Год	Место: страна	Провинция/ город	Тип использования	Последствия	Полученная эффективная доза	Полученная эквивалент- ная доза	Главная причина	Ссылка
41	2006	Соед. Королев- ство	Шотландия (Глазго)	Линейный ускоритель	Переоблучение 1 пациента	Дозы на 58% превышали запланиро- ванные	–	Неопытный планировщик лечения. Критическая ошибка в данных, используемых во время лечебной процедуры	[201]
42	2007	США	Шт. Мичиган (Детройт)	Лучевая терапия с использованием гамма-ножа	У 1 пациента неправильно выбрана область лечения	Нет данных	18 Гр	Переворот изображения на MRI- картинке привел к лечению неправильной стороны мозга	[202]

## СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

- [1] АГЕНТСТВО ПО ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГИИ ОЭСР, ВСЕМИРНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ, МЕЖДУНАРОДНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ТРУДА, МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, ПАНАМЕРИКАНСКАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ, ПРОДОВОЛЬСТВЕННАЯ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ОБЪЕДИНЕННЫХ НАЦИЙ, УПРАВЛЕНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ ОБЪЕДИНЕННЫХ НАЦИЙ ПО КООРДИНАЦИИ ГУМАНИТАРНЫХ ВОПРОСОВ, Готовность и реагирование в случае ядерной или радиационной аварийной ситуации, Серия норм безопасности МАГАТЭ, № GS-R-2, МАГАТЭ, Вена (2004).
- [2] АГЕНТСТВО ПО ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГИИ ОЭСР, ВСЕМИРНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ, МЕЖДУНАРОДНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ТРУДА, МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, ПАНАМЕРИКАНСКАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ, ПРОДОВОЛЬСТВЕННАЯ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ОБЪЕДИНЕННЫХ НАЦИЙ, Международные основные нормы безопасности для защиты от ионизирующих излучений и безопасного обращения с источниками излучения, Серия изданий МАГАТЭ по безопасности, № 115, МАГАТЭ, Вена (1997).
- [3] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Юридическая и государственная инфраструктура ядерной безопасности, радиационной безопасности, безопасности радиоактивных отходов и безопасности перевозки, Серия норм безопасности МАГАТЭ, № GS-R-1, МАГАТЭ, Вена (2003).
- [4] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Безопасность атомных электростанций: проектирование, Серия норм безопасности МАГАТЭ, № NS-R-1, МАГАТЭ, Вена (2003).
- [5] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Безопасность атомных электростанций: эксплуатация, Серия норм безопасности МАГАТЭ, № NS-R-2, МАГАТЭ, Вена (2003).
- [6] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Основопологающие принципы безопасности, Серия норм безопасности МАГАТЭ, № SF-1, МАГАТЭ, Вена (2007).
- [7] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Глоссарий МАГАТЭ по вопросам безопасности: терминология, используемая в области ядерной безопасности и радиационной защиты, МАГАТЭ, Вена (2008).
- [8] CRICK, M.J., LINSLEY, G.S., An assessment of the radiological impact of the Windscale reactor fire, October 1957, Int. J. Radiat. Biol., 46 5 (1984) 479–506.
- [9] US NUCLEAR REGULATORY COMMISSION, Investigation into the March 28, 1979 Three Mile Island Accident by Office of Inspection and Enforcement, NUREG-600, USNRC, Washington, DC (1979).

- [10] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Международный чернобыльский проект, Технический доклад - Оценка радиологических последствий и защитных мер, Доклад Международного консультативного комитета, МАГАТЭ, Вена (1992).
- [11] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, The Criticality Accident in Sarov, IAEA, Vienna (2001).
- [12] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Report on the Preliminary Fact-Finding Mission Following the Accident at the Nuclear Fuel Processing Facility in Tokaimura, Japan, IAEA (1999).
- [13] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Радиационная авария в Гоянии, МАГАТЭ, Вена (1989).
- [14] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Радиационная авария в Сан-Сальвадоре, МАГАТЭ, Вена (1992).
- [15] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, The Radiological Accident in Soreq, IAEA, Vienna (1993).
- [16] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, The Radiological Accident in the Irradiation Facility in Nesvizh, IAEA, Vienna (1996).
- [17] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, An Electron Accelerator Accident in Hanoi, Viet Nam, IAEA, Vienna (1996).
- [18] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, The Radiological Accident in Tammiku, IAEA, Vienna (1998).
- [19] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, The Radiological Accident in the Reprocessing Plant at Tomsk, IAEA, Vienna (1998).
- [20] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Accidental Overexposure of Radiotherapy Patients in San José, Costa Rica, IAEA, Vienna (1998).
- [21] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, The Radiological Accident in Istanbul, IAEA, Vienna (2000).
- [22] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, The Radiological Accident in Yanango, IAEA, Vienna (2000).
- [23] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, The Radiological Accident in Lilo, IAEA, Vienna (2000).
- [24] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Investigation of an Accidental Exposure of Radiotherapy Patients in Panama, IAEA, Vienna (2001).
- [25] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, The Radiological Accident in Samut Prakarn, IAEA, Vienna (2002).
- [26] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, The Radiological Accident in Gilan, IAEA, Vienna (2002).
- [27] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Radiological Accidental Overexposure of Radiotherapy Patients in Bialystok, IAEA, Vienna (2003).
- [28] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, The Radiological Accident in Cochabamba, IAEA, Vienna (2004).
- [29] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Lessons Learned from Accidents in Industrial Irradiation Facilities, IAEA, Vienna (1996).
- [30] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Lessons Learned from Accidents in Industrial Radiography, Safety Reports Series No. 7, IAEA, Vienna (1998).

- [31] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Lessons Learned from Accidental Exposures in Radiotherapy, Safety Reports Series No. 17, IAEA, Vienna (2000).
- [32] UNITED NATIONS SCIENTIFIC COMMITTEE ON THE EFFECTS OF ATOMIC RADIATION, Sources and Effects of Ionizing Radiation, UNSCEAR 2008 Report to the General Assembly, with Scientific Annexes, Volume II: Effects, Annex C, Radiation Exposures in Accidents, United Nations, New York (2011) 1–43.
- [33] CROFT, J., et al., Management of response to the polonium-210 incident in London. Proc. of 12th International Congress of the International Radiation Protection Association (2008).
- [34] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Методика разработки мероприятий по реагированию на ядерную или радиологическую аварийную ситуацию, EPR-METHOD, МАГАТЭ, Вена (2009).
- [35] US NUCLEAR REGULATORY COMMISSION, Severe Accident Risks: An Assessment for Five U.S. Nuclear Power Plants, NUREG-1150, USNRC, Washington, DC (1990).
- [36] US NUCLEAR REGULATORY COMMISSION, Technical Study of Spent Fuel Pool Accident Risk at Decommissioning Nuclear Power Plants, USNRC, Washington, DC (2001).
- [37] US NUCLEAR REGULATORY COMMISSION, Perspectives on Reactor Safety, Sandia Laboratory National Laboratories, NUREG/CR-6042, Revision 2 (2002).
- [38] UNITED NATIONS SCIENTIFIC COMMITTEE ON THE EFFECTS OF ATOMIC RADIATION, Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation, UNSCEAR 1988 Report to the General Assembly, with Scientific Annexes. United Nations, New York (1988).
- [39] UNITED NATIONS SCIENTIFIC COMMITTEE ON THE EFFECTS OF ATOMIC RADIATION, Sources and Effects of Ionizing Radiation, UNSCEAR 2000 Report to the General Assembly, with Scientific Annexes, Volume I: Sources; Volume II: Effects. United Nations, New York (2000).
- [40] REITAN, J.B., The 60Co accident in Norway 1982: A clinical reappraisal, The Medical Basis for Radiation Accident Preparedness II: Clinical Experience and Follow-up since 1979 (RICKS, R.C., FRY, S.A., Eds.) Elsevier, New York (1990).
- [41] STAVEM, P., BROGGER, A., DEVIK, F., et al., Lethal acute gamma radiation accident at Kjeller, Norway, Report of a case, Acta Radiol. Oncol. 24 1 (1985) 61–63.
- [42] CHANTEUR, J., Forbach: un accident d’irradiation, Médecins et Rayonnements Ionisants 3 (1992) 5-6.
- [43] ZERBIB, J.C., Forbach: une certaine logique industrielle? Sécurité – Revue de Préventique 6 (Aug.–Sept.) (1993).
- [44] MARTINEZ, R.G., CASSAB, G.H., GANEM, G.C., et al. Observations of the accidental exposures of a family to a source of cobalt-60. Rev. Med. Inst. Mex. Seguro Soc. 3 (Suppl.1) (1964) 14–68.
- [45] JAMMET, H., GONGORA R., POUILLARD P. et al., “The 1978 Algerian accident: four cases of protracted whole-body irradiation”, The Medical Basis for

- Radiation Accident Preparedness (HUBNER, K.F., FRY, S.A., Eds.) Elsevier North/Holland, New York (1980) 113–129.
- [46] METTLER, F.A. Jr., NÉNOT, J.C., “Accidental radiation injury from industrial radiography sources” Medical Management of Radiation Accidents, 2nd edn (GUSEV, I.A., GUSKOVA, A.K., METTLER, F.A. Jr., Eds) CRC Press, Boca Raton (2001) 241–258.
- [47] OFFICE OF CHIEF COUNSEL, Staff reports to the President’s Commission on the Accident at Three Mile Island: Emergency Preparedness, Emergency Response, Washington, DC (1979).
- [48] DYNES, R.R., PURCELL, A.H., WENGER, D.E., STERN, P.S., STALLINGS, R.A., JOHNSON, Q.T., Staff Report to the President’s Commission on the Accident at Three Mile Island: Report of the Emergency Preparedness and Response Task Force, Washington, DC: The President’s Commission on the Accident at Three Mile Island, (1979).
- [49] LEGASOV, V., Testament by First Deputy Director of the Kurchatov Institute of Atomic Energy, Moscow, as published by Pravda 20 May 1988, translation taken from MOULD, R. F., Chernobyl Record: The Definitive History of the Chernobyl Catastrophe, Bristol, Institute of Physics Publishing (2000).
- [50] LUBENAU, J.O., Learning from operational experience of radiation sources in the twentieth century, Procs. of International Conference on the Safety of Radiation Sources and the Security of Radioactive Materials, 14–18 September 1998, Dijon, IAEA, Vienna (1999).
- [51] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Конвенция об оперативном оповещении о ядерной аварии и Конвенция о помощи в случае ядерной аварии или радиационной аварийной ситуации, Юридическая серия, № 14, МАГАТЭ, Вена (1990).
- [52] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Emergency Notification and Assistance Technical Operations Manual, Emergency Preparedness and Response Series, EPR-ENATOM, IAEA, Vienna (2007).
- [53] US NUCLEAR REGULATORY COMMISSION, Clarification of TMI Action Plan Requirements: Requirements for Emergency Response Capability, NUREG-0737, Supplement No. 1, Washington, DC (1982).
- [54] US NUCLEAR REGULATORY COMMISSION, Severe Accident Insights Report, NUREG/CR 5132, Brookhaven National Laboratory, USA, April (1988).
- [55] US NUCLEAR REGULATORY COMMISSION, TMI-2 Lessons Learned Task Force Status Report and Short-term Recommendations, NUREG-0578, Washington DC (1979).
- [56] DRABEK, T.E., Human System Responses to Disaster; New York: Springer-Verlag (1986).
- [57] HANS, J.M. Jr., SELL, T.C., Evacuation Risk – An Evaluation, EPA-520/6-74-002, US Environmental Protection Agency, Office of Radiation Research, National Environmental Research Center, Las Vegas, Nevada (1974).
- [58] LINDELL, M.K., PERRY, R.C., Behavioral Foundations of Community Emergency Planning, Washington DC, Hemisphere Publishing (1992).

- [59] TIERNEY, K.J., LINDELL, M.K., PERRY, R.W., Facing the Unexpected: Disaster Preparedness and Response in the United States, Washington, DC, Joseph Henry Press (2001).
- [60] LINDELL, M.K., PERRY, R.W., Risk Communication: Disaster Warning and Hazard Awareness for Multi-Ethnic Communities, Thousand Oaks CA, Sage Publications (2003).
- [61] WITZIG, W.F., SHILLENN, J.K., Evaluation of Protective Action Risks, NUREG/CR-4726, Washington, DC, US Nuclear Regulatory Commission (1987).
- [62] WAUGH, W.L. Jr. Shelter from the storm: repairing the national emergency management system after hurricane Katrina, American Academy of Political and Social Science, 604, 1, (2006) 288-332.
- [63] KEMENY, John G President's Commission: Reports of the Public Health and Safety Task Force, Washington, DC: U.S. Government Printing Office (1979).
- [64] HOUTS, P.S., CLEARLY, P.D., HU, T.W., The Three Mile Island Crisis, University Park, PA, The Pennsylvania State University Press (1987).
- [65] LINDELL, M.K., PERRY, R.W., Nuclear power plant emergency warning: How would the public respond? Nuclear News, 26, (1983) 49–53.
- [66] ROGOVIN, Mitchell, Three Mile Island: A Report To The Commissioners And To The Public, Vol. II, Part 3, U. S. Nuclear Regulatory Commission, Washington (1980).
- [67] HOUTS, P.S., LINDELL, M.K., HU, T.W., CLEARLY, P.D., TOKUHATA, G., FLYNN, C.B., The protective action decision model applied to evacuation during the Three Mile Island crisis, International Journal of Mass Emergencies and Disasters, 2, (1984) 27–39.
- [68] NUCLEAR REGULATORY COMMISSION (NRC), Pilot Program: NRC Severe Reactor Accident Incident Response Training Manual, NUREG-1210, USNRC, Washington, DC (1987).
- [69] LINDELL, M.K., Perceived characteristics of environmental hazards, International Journal of Mass Emergencies and Disasters, 12, (1994) 303–326.
- [70] SORENSEN, J.H., VOGT, B. M., Public Response to a Dual Protective Action Warning: An Analysis of a Chemical Repackaging Plant Accident in West Helena, Arkansas, Oak Ridge, TN, Oak Ridge National Laboratory, 1999.
- [71] ИЛЬИН Л.А. и др., Радиоактивный йод в проблеме радиационной безопасности, Москва, Атомиздат (1972).
- [72] NAUMAN, J., WOLFF, J., Iodine prophylaxis in Poland after the Chernobyl reactor accident: benefits and risks. Am J. Med 94, (1993) 524–532.
- [73] BUGLOVA E., KENIGSBURG J., MCKENNA T. Reactor accidents and thyroid cancer risk: Use of the Chernobyl experience for emergency response. Proceedings of the International Symposium on Radiation and Thyroid Cancer. Eds. G.Thomas, A.Karaoglou, E.D.Williams. World Scientific (1999) 449-453.
- [74] US NUCLEAR REGULATORY COMMISSION, Idaho Field Experiments 1981, NUREG/CR-3488 (Feb.1985).
- [75] MCKENNA, T.J., GITTER, J.G., US NUCLEAR REGULATORY COMMISSION, Source Term Estimation During Incident Response to Severe Nuclear Power Plant Accidents, NUREG-1228, Washington, DC (1988).

- [76] US NUCLEAR REGULATORY COMMISSION, A Regulatory Analysis on Emergency Preparedness for Fuel Cycle and Other Radioactive Material Licensees, US Nuclear Power Plants, NUREG-1140, USNRC, Washington, DC (1988).
- [77] LOS ALAMOS NATIONAL LABORATORY, A Review of Criticality Accidents, 2000 Revision, LA-13638, Los Alamos (2000).
- [78] WALKER, J. Samuel, Three Mile Island: A Nuclear Crisis in Historical Perspective, University of California Press, Berkeley, CA, USA (2006).
- [79] US NUCLEAR REGULATORY COMMISSION, Assessment of the Public Health Impact from the Accidental Release of UF<sub>6</sub> at the Sequoya Fuels Corporation Facility at Gore, Oklahoma, NUREG-1189, 1, Washington, DC (1986).
- [80] US NUCLEAR REGULATORY COMMISSION, Rupture of Model 48Y UF<sub>6</sub> Cylinder and Release of Uranium Hexafluoride, NUREG-1179, 1, Washington, DC (1986).
- [81] BOWONDER, B. The Bhopal accident, Technological Forecasting and Social Change, 32 2 (1987) 169–182.
- [82] PERRY, R.W., LINDELL, M.K., GREEN, M.R., Threat perception and public response to volcano hazard, Journal of Social Psychology, 116, (1982) 199–204.
- [83] LIPSTEIN, J.L., CUNHA, P.G., OLIVEIRA, C.A.N., The Goiânia accident: behind the scenes, Health Physics, 60 1 (1991) 5–6.
- [84] UNITED NATIONS SCIENTIFIC COMMITTEE ON THE EFFECTS OF ATOMIC RADIATION, Sources and Effects of Ionizing Radiation, UNSCEAR 2011 Report to the General Assembly with Annexes, II. United Nations, New York (2011).
- [85] Joint FAO/WHO Codex Alimentarius Commission (Geneva, 1989) adopted Codex Guideline Levels for Radionuclides in Foods Following Accidental Nuclear Contamination for Use in International Trade (CAC/GL 5-1989).
- [86] Revised Joint FAO/WHO Codex Alimentarius Commission, July 2006 (ALINORM 06/29/41, paras. 63–66 and Appendix IV, Part 2).
- [87] ИЛЬИН Л.А., КЕНИГСБЕРГ Я.Э., ЛИНГЕ И.И. и др., Радиационная защита населения при реагировании на чернобыльскую аварию. Чернобыль 20 лет спустя. Стратегия восстановления и устойчивого развития пострадавших регионов: материалы Международной конференции, 19-21 апреля 2006 года, Минск (2006) С. 74-88.
- [88] АЛЕКСАХИН Р.М., БУЛДАКОВ Л.А., ГУБАНОВ В.А. и др., Крупные радиационные аварии: последствия и защитные меры. Под общей ред. Ильина Л.А. и Губанова В.А., Москва, ИздАТ (2001).
- [89] ПРИСТЕР Б.С., Чернобыльская катастрофа: эффективность мер защиты населения, опыт международного сотрудничества, Киев (2007) С. 9-12.
- [90] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Экологические последствия аварии на Чернобыльской АЭС и их преодоление: двадцатилетний опыт. Доклад экспертной группы “Экология” Чернобыльского форума, МАГАТЭ, Вена (2008).

- [91] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Наследие Чернобыля: медицинские, экологические и социально-экономические последствия и рекомендации правительствам Беларуси, Российской Федерации и Украины. Чернобыльский форум: 2003–2005. Второе, исправленное издание, МАГАТЭ, Вена (2006).
- [92] BINNS D.A.C Goiânia 1987- Searching for Radiation, Proceedings of International Conference, Goiânia – 10 years after, Goiânia 1997, IAEA (1998) 217-222.
- [93] US NUCLEAR REGULATORY COMMISSION, Contaminated Mexican Steel Incident, NUREG-1103, Washington, D.C. (1985).
- [94] UK RESILIENCE, “Emergency Response and Recovery”, <http://www.ukresilience.info/>
- [95] WESTMINSTER CITY COUNCIL, Project report on the framework strategy for dealing with radioactive contamination arising from the circumstances surrounding the death of Alexander Litvinenko Westminster City Hall, UK, (2007).
- [96] ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, Manual of Protective Action Guides and Protective Actions for Nuclear Incidents, EPA 400-R-92-001, EPA, Washington, DC (1992).
- [97] CIVIL CONTINGENCIES ACT 2004. <http://www.cabinetoffice.gov.uk/media/132428/15mayshortguide.pdf>
- [98] AUF DER HEIDE, E., Disaster Response: Principles of Preparation and Coordination, St. Louis, MO: Mosby (1989).
- [99] NUCLEAR REGULATORY COMMISSION (NRC) Backgrounder on the Three Mile Island Accident, <http://www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/fact-sheets/3mile-isle.html> (2009).
- [100] CHENAULT W.W., HILBERT G.D., REICHLIN, S.D., Evacuation Planning in the TMI Accident, RS 2-8-34, Federal Emergency Management Agency (1980).
- [101] US NUCLEAR REGULATORY COMMISSION, Unauthorized Forced Entry into the Protected Area at Three Mile Island Unit 1 on February 7, 1993, NUREG-1485, Washington, D.C. (1993).
- [102] LONDON RESILIENCE, Looking back, moving forward: lessons identified and progress since the Terrorist Events of 7 July 2005, (2006), <http://www.londonprepared.gov.uk/downloads/lookingbackmovingforward.pdf>
- [103] NATIONAL COMMISSION ON TERRORIST ATTACKS UPON THE UNITED STATES, The 9/11 Commission Report, <http://govinfo.library.unt.edu/911/report/911Report.pdf>, U.S. Government Printing Office, Washington D.C. (2004).
- [104] FORD, J., SCHMIDT, A. “Emergency Preparedness Training: Strategies for Enhancing Real-World Performance” Journal of Hazardous Materials, 75 (2000) 195-215.
- [105] UNITED NATIONS SCIENTIFIC COMMITTEE ON THE EFFECTS OF ATOMIC RADIATION, UNSCEAR 2000 Report to the General Assembly. Annex J: Exposure and effects of the Chernobyl accident. United Nations, New York (2000) 488, paragraph 184.

- [106] UNITED NATIONS SCIENTIFIC COMMITTEE ON THE EFFECTS OF ATOMIC RADIATION, Sources and Effects of Ionizing Radiation, UNSCEAR 1993 Report to the General Assembly, with Scientific Annexes. United Nations, New York (1993).
- [107] WILSON, J., et al., Environmental sampling and analysis on the London underground in response to the 7th July 2005 bombings: lessons identified for major incident management, Chemical Hazards and Poisons Report, Health Protection Agency, June 2006.
- [108] HEALTH PROTECTION AGENCY, The Public Health Impact of the Buncefield Oil Depot Fire (July 2006), [http://www.hpa.org.uk/web/HPAwebFile/HPAweb\\_C/1194947321467](http://www.hpa.org.uk/web/HPAwebFile/HPAweb_C/1194947321467)
- [109] HARRISON, J.D., et al, Polonium-210 as a poison, *J Radiological Protection* 27 (2007) 17–40.
- [110] BAILEY, M.R., et al., Individual monitoring conducted by the Health Protection Agency in the London polonium-210 incident. Proc. of the 12th International Congress of the International Radiation Protection Association (2008).
- [111] METTLER JR., F.A., VOELZ, G.L., NÉNOT, J.C., et al., “Criticality accidents” Medical Management of Radiation Accidents, 2nd edn, (GUSEV, I.A., GUSKOVA, A.K., METTLER, F.A., Jr., Eds.), CRC Press, Boca Raton (2001) 173-194.
- [112] VARGO, G.J., A brief history of nuclear criticality accidents in Russia – 1953–1997, PNNL-12199, Pacific Northwest National Laboratory, Richland, Washington (1999).
- [113] ANDREWS, G.A., HUBNER, K.F., FRY, S.A., et al., “Report of 21-year medical follow-up of survivors of the Oak Ridge Y-12 accident” The Medical Basis for Radiation Accident Preparedness (HUBNER, K.F., FRY, S.A., Eds.), Elsevier North/Holland, New York (1980) 59–79.
- [114] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Planning the Medical Response to Radiological Accidents, Safety Reports Series No. 4, IAEA, Vienna (1998).
- [115] KARAS, J.S., STANBURY, J.B., Fatal radiation syndrome from an accidental nuclear excursion. *N. Engl. J. Med.* **272** 15 (1965) 755–761.
- [116] JAMMET, H., GÓNGORA, R., LEGO, R., et al., “Clinical and biological comparison of two acute accidental irradiations: Mol (1965) and Brescia (1975)” The Medical Basis for Radiation Accident Preparedness (HUBNER, K.F., FRY, S.A., Eds.) Elsevier North/Holland, New York (1980).
- [117] PARMENTIER, N.C., NÉNOT, J.C., JAMMET, H.J., “A dosimetric study of the Belgian (1965) and Italian (1975) accidents”, The Medical Basis for Radiation Accident Preparedness (HUBNER, K.F., FRY, S.A., Eds.) Elsevier North/Holland, New York (1980).
- [118] SOLOVIEV, V., ILYIN, L.A., BARANOV, A.E., et al., “Radiation accidents in the former U.S.S.R.” Medical Management of Radiation Accidents, 2nd edn (GUSEV, I.A., GUSKOVA, A.K., METTLER, F.A., Jr., Eds.) CRC Press, Boca Raton (2001) 157–165.
- [119] NUCLEAR REGULATORY COMMISSION, Information Notice on the fatality at the Argentina nuclear facility, US Nuclear Regulatory Commission, Office of Inspection and Enforcement. (May 1984) 83–66.

- [120] AKASHI, M., “Initial symptoms of three victims in the Tokaimura criticality accident” *The Medical Basis for Radiation-Accident Preparedness: The Clinical Care of Victims*, (RICKS, R.C., BERGER, M.E., O’HARA, F.M., Jr., Eds.) The Parthenon Publishing Group, New York (2002) 303-311.
- [121] HEID, K.R., BREITENSTEIN, B.D., PALMER, H.E., et al., “The 1976 Hanford americium accident” *The Medical Basis for Radiation Accident Preparedness* (HUBNER, K.F., FRY, S.A., Eds.). Elsevier North/Holland, New York (1980) 345-355.
- [122] NUCLEAR REGULATORY COMMISSION, Assessment of the public health impact from the accidental release of UF<sub>6</sub> at the Sequoyah Fuels Corp. facility at Gore, Oklahoma, March 1986, Report No. 1189 (March 1989).
- [123] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Inventory of accidents and losses at sea involving radioactive material, IAEA-TECDOC-1242, IAEA, Vienna (2001).
- [124] BENINSON, D., PLACER, A., VANDER ELST, E., Estudio de un caso de irradiación humana accidental, *Handling of Radiation Accidents*, Proc. of a Symposium, Vienna, 19–23 May 1969, IAEA, Vienna (1969) 415–429.
- [125] ANNAMALAI, M., IYER, P.S., PANICKER, T.M.R., Radiation injury from acute exposure to an iridium-192 source: case history, *Health Phys.* **35** 2 (1978) 387–389.
- [126] SCHNEIDER, G.J., CHONE, B., BLONNIGEN, T., Chromosomal aberrations in a radiation accident: dosimetric and hematological aspects, *Radiat. Res.* **40** 3 (1969) 613–617.
- [127] HARRISON, N.T., ESCOTT, P., DOLPHIN, G.W., The investigation and reconstruction of a severe radiation injury to an industrial radiographer in Scotland, Proc. of the Third International Congress of the International Radiation Protection Association Washington, 1973 (Snyder, S., Ed.). USAEC, Washington (1973) 760–768.
- [128] PAN, Z.Q., et al., Review of Chinese nuclear accidents, *Medical Management of Radiation Accidents*, 2nd edn, (GUSEV, I.A., GUSKOVA, A.K., METTLER, F.A., Jr., Eds.) CRC Press, Boca Raton (2001) 149–155.
- [129] PAN, Z., et al., Environmental quality assessment of nuclear industry of China over past 30 years, Atomic Energy Publishing, Beijing (1990).
- [130] BARLOTTA, F.M., The New Jersey radiation accidents of 1974 and 1977, *The Medical Basis for Radiation Accident Preparedness* (HUBNER, K.F., FRY, S.A., Eds.). Elsevier North/Holland, New York (1980) 151–160.
- [131] BALLAY, L. (Ed.), Adaptation of INES scale to radiological incidents and accidents in Hungary, Report by NRIRR for HAEA, Budapest, Sept.30 (2010).
- [132] SCOTT, E.B. II., The 1978 and 1979 Louisiana accidents: exposure to iridium 192, *The Medical Basis for Radiation Accident Preparedness* (HUBNER, K.F., FRY, S.A., Eds.). Elsevier North/Holland, New York (1980) 223–227.
- [133] YE, G.Y., et al., The People’s Republic of China radiation accidents, 1980, 1985, 1986 and 1987, *The Medical Basis for Radiation Accident Preparedness II: Clinical Experience and Follow-up since 1979* (RICKS, R.C., FRY, S.A., Eds.). Elsevier, New York (1990).

- [134] WANG, G., et al., Clinical report of two cases of acute radiation sickness, *Chin. J. Radiol. Med. Prot.* **8** 6 (1989) 396–399.
- [135] GOU, Y., et al., Dose estimates for two cases accidentally exposed to a Co-60 source, *Chin. J. Radiol. Med. Prot.* **9** 2 (1989) 115–117.
- [136] ZHANG, W., et al. Dose estimation and evaluation of an accidental exposure caused by an iridium-192 radiographic source. *Chin. J. Radiol. Med. Prot.* **10** 4 (1990) 278–279.
- [137] LIU, B., YE, G., (Eds.), *Collected Papers on Diagnosis and Emergency Treatment of the Victims Involved in Shanghai, June 25, 60Co Radiation Accident*, Military Medical Science Press, Beijing, China (1996).
- [138] LLOYD, et al., Death of a classified worker probably caused by overexposure to radiation. *Occup. Environ. Med.* **51** (1994) 713–718.
- [139] SUZUKI, G., Accident report of Co-60, *Japanese Journal of Health Physics* **34** 3 (1999) 277–280 (на японском языке).
- [140] DA SILVA, F.C., HUNT, J.G., RAMALHO, A.T., et al., Dose reconstruction of a Brazilian industrial gamma radiography partial-body overexposure case, *J. Radiol. Prot.* **25** 3 (2005) 289–298.
- [141] YAO B., JIANG B.R., AI, H.S., LI, Y.F., LUI, G.X., Biological dose estimation for two severely exposed patients in a radiation accident in Shandong Jining, China, in 2004. *Int. J. Radiat. Biol.* **86** 9 (2010) 800–808.
- [142] AI, H.S., YU, C.L., QIAO, J.H., et al., Medical management of irradiated patients in a radiation accident in Jining, Shandong Province. *Chin. J. Radiol. Med. Prot.* **27** (2007) 1–5.
- [143] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, *The Radiological Accident in Nueva Aldea*, IAEA, Vienna (2009).
- [144] “Information file: Sterigenics” at [http://www.sterigenics.com/company/news/items/fleurus\\_accident](http://www.sterigenics.com/company/news/items/fleurus_accident)
- [145] HOWLAND, J.W., INGRAM, M., MERMAGEN, H., et al., The Lockport incident: accidental body exposure of humans to large doses of x-irradiation, *Diagnosis and Treatment of Acute Radiation Injury*, Proc. of a scientific meeting jointly sponsored by International Atomic Energy Agency/World Health Organization (1960) 11–26.
- [146] GILBERTI, M.V., *The 1967 radiation accident near Pittsburgh, Pennsylvania, and a follow-up report*, *The Medical Basis for Radiation Accident Preparedness* (HUBNER, K.F., FRY, S.A., Eds.). Elsevier North/Holland, New York (1980) 131–140.
- [147] LANZL, L.H., ROZENFELD, M.L., TARLOV, A.R., Injury due to accidental high-dose exposure to 10 MeV electrons, *Health Phys.* **13** 3 (1967) 241–251.
- [148] GILBERTI, M.V., WALD, N., *The Pittsburgh radiation accident: twenty-three-year follow-up of clinical and psychological aspects*, *The Medical Basis for Radiation- Accident Preparedness III: The Psychological Perspective* (RICKS, R.C., BERGER, M.E., O’HARA, F.M., Jr., Eds.). Elsevier, New York (1991) 199–208.
- [149] ZHOU, Z., et al. Cause investigation and dose assessment in an accident to a Van de Graaff accelerator, *Chin. J. Radiol. Med. Prot.* **10** 2 (1990) 115–116.
- [150] DESROSIERS, M.F., In vivo assessment of radiation exposure, *Health Phys.* **61** 6 (1991) 859–861.

- [151] SOLEO, L., BASSO, A., DI LORENZO, L., et al., Acute radiodermatitis from accidental overexposure to x-rays, *Am. J. Ind. Med.* **30** 2 (1996) 207–211.
- [152] IRID: Ionising Radiations Incident Database, Disabled warning signals and failure to follow local rules causes localised exposure to radiographer from X-ray set, IRID case number 007/93 (1993), [www.irid.org.uk](http://www.irid.org.uk).
- [153] BERGER, M.E., HURTADO, R., DUNLAP, J., et al., Accidental radiation injury to the hand: anatomical and physiological considerations, *Health Phys.* **72** 3 (1997) 343–348.
- [154] VALVERDE, NJ, DEL., LUCENA M.C., DE BRAZILIAN, C.H., et al., Radiation overexposure to the x-ray beam of a diffractometer affected the hands of three workers in Camacari, Brazil. *Rev. Assoc. Bras.* **46** 1, (Jan/Mar 2000) 81–89.
- [155] METTLER JR., F.A., ORTIZ-LOPEZ, P., Accidents in radiation therapy, *Medical Management of Radiation Accidents*, 2nd edn (GUSEV, I.A., GUSKOVA, A.K., METTLER, F.A., Jr., Eds.). CRC Press, Boca Raton (2001) 291–297.
- [156] NUCLEAR SAFETY COMMISSION OF JAPAN, Accidents and Incidents related to radiation and radioactive materials, Nuclear Safety Commission of Japan, Tokyo (2002) (на японском языке).
- [157] YAO, X. D., ZHANG, X. L., Investment on two unexpected exposures of X-ray flaw detector in Leshan, *Occupation and health* **20** (2004) 18–19.
- [158] ROSSI, E.C., THORNGATE, A.A., LARSON, F.C., Acute radiation syndrome caused by accidental exposure to cobalt-60. *J. Lab. Clin. Med.* **59** (1962) 655–666.
- [159] BARABANOVA, A.V., Local Radiation Injury, *Medical Management of Radiation Accidents*, 2nd edn., GUSEV, I.A., GUSKOVA, A.K., METTLER, F.A., Jr. Eds., CRC Press, Boca Raton (2001) 223–240.
- [160] VODOPICK, H., ANDREWS, G.A., The University of Tennessee comparative animal research laboratory accident in 1971, *The Medical Basis for Radiation Accident Preparedness* (HUBNER, K.F., FRY, S.A., Eds.). Elsevier North/Holland, New York (1980) 141–149.
- [161] LINSLEY, G.S., Over-exposure during work with X-ray crystallographic equipment. *Radiol. Prot. Bull.* **5** (1973) 15–16.
- [162] BUSHBERG, J.T., FERGUSON, T., SHELTON, D.K., et al., Exposure analysis and medical evaluation of a low-energy X-ray diffraction accident, *Medical Management of Radiation Accidents*, 2nd edn (GUSEV, I.A., GUSKOVA, A.K., METTLER, F.A., Jr. Eds.). CRC Press, Boca Raton (2001) 277–287.
- [163] SHI, Y., et al., Dose analysis for Sanlián radiation accident, *Proceedings of Clinical Study of 23 Acute Radiological-Disease Patients*, Atomic Energy Publishing, Beijing (1985).
- [164] HIROSHIMA, K., SUGIYAMA, H., ISHIHARA, T., et al., The 1971 Chiba, Japan accident: exposure to iridium-192, *The Medical Basis for Radiation Accident Preparedness* (HUBNER, K.F., FRY, S.A., Eds.). Elsevier North/Holland, New York (1980) 179–195.
- [165] NATIONAL COMMISSION OF NUCLEAR SAFETY AND SAFEGUARDS (CNSNS). Accidentes IX Rayos x Industrial de Mexico S.A. de C.V.

- [166] LLOYD, D.C., PURROTT, R.J., PROSSER, J.S., et al., Doses in radiation accidents investigated by chromosome aberration analysis VIII: A review of cases investigated: 1977. NRPB-R70 (1978).
- [167] YAO, S., et al., Chromosome aberrations in persons accidentally exposed to Cs-137 gamma rays, *Chin. J. Radiol. Med. Prot.* **4** 6 (1984) 22.
- [168] JIN, C. et al. Cytogenetic follow-up studies in persons accidentally exposed to  $^{60}\text{Co}$   $\gamma$  rays – 10 years post exposure, *Chin. J. Radiol. Med. Prot.* **5** 1 (1985) 14–17.
- [169] ROSS, J.F., HOLLY, F.E., ZAREM, H.A., et al., The 1979 Los Angeles accident: exposure to iridium 192 industrial radiographic source, *The Medical Basis for Radiation Accident Preparedness* (HUBNER, K.F., FRY, S.A., Eds.). Elsevier North/Holland, New York (1980) 205–221.
- [170] WANG, J., et al., Five year medical observation on seven cases accidentally exposed to  $^{60}\text{Co}$   $\gamma$  rays, *Chin. J. Radiol. Med. Prot.* **9** 2 (1989) 73–76.
- [171] TASK GROUP DEALING WITH HANZHONG CO-60 SOURCE ACCIDENT, Five year observation on cases accidentally exposed to Co-60 gamma rays, *Chin. J. Radiol. Med. Prot.* **9** 2 (1989) 73–76.
- [172] BURSON, Z., LUSHBAUGH, C.C., “The 1983-1984 Ciudad Juarez, Mexico  $^{60}\text{Co}$  accident” *The Medical Basis for Radiation Accident Preparedness II: Clinical Experience and Follow-up since 1979* (RICKS, R.C., FRY, S.A. Eds.). Elsevier, New York, 1990.
- [173] MARSHALL, E., Morocco reports lethal radiation accident, *Science* **225** 4660 (1984) 395.
- [174] HUANG, S., et al., A clinical report of three cases of acute radiation sickness, *Chin. J. Radiol. Med. Prot.* **9** 2 (1989) 82–86.
- [175] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, *Dosimetric and Medical Aspects of the Radiological Accident in Goiânia in 1987*, IAEA-TECDOC-1009, IAEA, Vienna (1998).
- [176] GAN, Y., Dealing with an accident involving loss of a cs-137 source for purpose of field well logging, *Radiol. Hyg.*, **4** 2 (1989) 82.
- [177] YE, G., et al., Advances in diagnosis and treatment of acute radiation syndrome in China, *Chin. J. Radiol. Med. Prot.* **18** 5 (1998) 316.
- [178] INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION, Publication 86, *Prevention of Accidental Exposures to Patients Undergoing Radiation Therapy*, Oxford and New York, Pergamon Press (2001).
- [179] BARANOV, A.E., GUSKOVA, A.K., DAVTIAN, A.A., et al., Protracted overexposure to a  $^{137}\text{Cs}$  source: II. Clinical sequelae. *Radiat. Prot. Dosim.* **81** 2 (1999) 91–100.
- [180] SEVAN’KAEV, A.V., LLOYD, D.C., EDWARDS, A.A., et al., Protracted overexposure to a  $^{137}\text{Cs}$  source: I. Dose reconstruction. *Radiat. Prot. Dosim.* **81** 2 (1999) 85–90.
- [181] XU, Z.Y., ZHANG, L.A., DAI, G., The estimation of absorbed doses received by a victim of a Chinese radiation accident. *Radiat. Prot. Dosim.* **103** 2 (2003) 163–167.

- [182] EL-NAGGAR, A.M., MOHAMMAD, M.H.M., GOMAA, M.A., The radiological accident at Meet Halfa, Qaluobiya, Egypt, 2000, *The Medical Basis for Radiation-Accident Preparedness: The Clinical Care of Victims* (RICKS, R.C., BERGER, M.E., O'HARA, F.M., Jr., Eds.). The Parthenon Publishing Group, New York (2002) 319-336.
- [183] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, *The Radiological Accident in Egypt – Summary*, IAEA, Vienna (2000).
- [184] SEVAN'KAEV, A.V., LLOYD, D.C., EDWARDS, A.A., et al., Cytogenic investigations of serious overexposures to an industrial gamma radiography source, *Radiat. Prot. Dosim.* **102** 3 (2002) 201–206.
- [185] LU, C.A., FU, B.H., HAN, L., CHEN, Y.H., ZHAO, F.L., Biological dose assessment by the analyses of chromosomal aberrations and CB micronuclei in two victims accidentally exposed to Co-60 gamma-rays, *Hereditas*, **24** (2002) 417–419.
- [186] JIKIA, D., CHKHAIDZE, N., IMEDASHVILI, E., et al., The use of a novel biodegradable preparation capable of the sustained release of bacteriophages and ciprofloxacin, in the complex treatment of multidrug-resistant *Staphylococcus aureus*-infected local radiation injuries caused by exposure to Sr90. *Clin. Exp. Dermatol.* **30** 1 (2005) 23–26.
- [187] JIANG, Z.J., XIAO, Y., LI, S.W., One report of sub-acute radiation sickness in a radiation accident caused by Ir-192 source, *Chin. J. Radiol. Med. Prot.* **24** (2004) 299.
- [188] BHUSHAN, V., Large radiation exposure, *Proc. of the Third International Congress of the International Radiation Protection Association, Washington, 1973.* CONF-730907-P1 (1974) 769–772.
- [189] BARON, J.M., YACHNIN, S., PALCYN, R., et al., Accidental radio-gold (198Au) liver scan overdose with fatal outcome, *Handling of Radiation Accidents, Proc. of a Symposium, Vienna, 19–23 May 1969*, IAEA, Vienna (1969) 399-414.
- [190] METTLER, F.A., Jr., Fatal accidental overdose with radioactive gold in Wisconsin, U.S.A., *Medical Management of Radiation Accidents, 2nd edn* (GUSEV, I.A., GUSKOVA, A.K., METTLER, F.A., Jr., Eds.) CRC Press, Boca Raton (2001) 361–362.
- [191] JIN, C., et al., A 10 year follow-up observation of Wuhan individuals exposed to Co source in respect of chromosome aberration, *Chin. J. Radiol. Med. Prot.* **5** 1 (1985) 14.
- [192] NÉNOT, J.C., Medical and surgical management for localized radiation injuries, *Int. J. Radiat. Biol.* **57** 4 (1990) 783–795.
- [193] NEWMAN, H.F., The Malfunction “54” accelerator accidents 1985, 1986, 1987, *The Medical Basis for Radiation Accident Preparedness II: Clinical Experience and Follow-up since 1979* (RICKS, R.C., FRY, S.A., Eds.). Elsevier, New York (1990) 165–171.
- [194] WOULDSTRA, E., HUIZENGA, H., VAN DE POEL, J.A., Possible leakage radiation during malfunctioning of a Sagittaire accelerator, *Radiother. Oncol.* **29** 1 (1993) 39–44.
- [195] SOCIEDAD ESPAÑOLA DE FÍSICA MÉDICA, *The accident of the linear accelerator in the Hospital Clinico de Zaragoza*, SEFM, Madrid (1991).

- [196] NUCLEAR REGULATORY COMMISSION. NUREG 1480: Loss of an iridium-192 source and therapy misadministration at Indiana Regional Cancer Center Indiana, Pennsylvania, on November 16, 1992. USNRC, Washington, DC (1993).
- [197] NUCLEAR REGULATORY COMMISSION NRC INFORMATION NOTICE 95-39. USNRC Washington, D.C. (Sept. 1995).
- [198] BORRÁS, C., BARÉS, J.P., RUDDER, D., et.al., Clinical effects in a cohort of cancer patients overexposed during external beam pelvic radiotherapy, *Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys.* **59** 2 (2004) 538–550.
- [199] LIU, C.A., BAI, Y.S., MA, J.F., et al., Biological dose assessment for victim accidentally exposed to Co-60 gamma-rays in Hebi, Henan province, *Chin. J. Radiol. Health*, 14 (2005) 3–5.
- [200] ASH, D. Lessons from Epinal. *Clin. Oncol.* 19 8 (2007) 614–615.
- [201] JOHNSTON, A. (Scientific Advisor), Report of an investigation by the inspector appointed by the Scottish Minister for Ionising Radiation (Medical Exposures) Regulations: Unintended overexposure of patient Lisa Norris during radiotherapy treatment at the Beatson Oncology Centre, Glasgow (January 2006).
- [202] US NUCLEAR REGULATORY COMMISSION, NRC event notification 43746. USNRC, Washington, D.C. (Oct. 2007).

## СОКРАЩЕНИЯ

ВГМ	Вестминстерский городской муниципалитет (Соединенное Королевство)
ГПС	Городская полицейская служба (Лондон, Соединенное Королевство)
ГСК	Группа стратегической координации
ДУВ	Действующие уровни вмешательства
ЗПМ	Зона предупредительных мер
ЗПСМ	Зона планирования срочных защитных мер
КГО	Комитет по гражданской обороне
КЯР	Комиссия по ядерному регулированию (США)
МАГАТЭ	Международное агентство по атомной энергии
МИЦ	Метилизоцианат
НРА	Агентство по здравоохранению
НСЗ	Национальная служба здравоохранения (Соединенное Королевство)
НЦУ	Национальный центр по ураганам
РГВ	Рабочая группа по восстановлению
СИЗ	Средства индивидуальной защиты
СУОИ	Система управления операциями при инцидентах
ФАЧС	Федеральное агентство по чрезвычайным ситуациям (США)
ХБРЯ	инциденты с химическими, биологическими, радиоактивными или ядерными материалами
ТМІ	АЭС «Три-Майл Айленд»



## СОСТАВИТЕЛИ И РЕЦЕНЗЕНТЫ

Агапов, А.	Министерство Российской Федерации по атомной энергии
Andreev, I.	Forum für Atomfragen, Austria
Барабанова, А.	Федеральный медицинский биофизический центр им. А. И. Бурназяна, Российская Федерация
Blue, C.	Environmental Protection Agency, United States of America
Bodnár, R.	Paks Nuclear Power Plant, Hungary
Boustany, K.	Université du Québec à Montreal, Canada
Brandl, A.	Division of Health Physics, Seibersdorf, Austria
Buglova, E.	International Atomic Energy Agency
Callen, J.	International Atomic Energy Agency
Crick, M.J.	International Atomic Energy Agency
Croft, J.	United Kingdom
Degueldre, D.	Association Vinçotte Nuclear, Belgium
Dempsey, G.	Environmental Protection Agency, United States of America
Edwards, P.	Nuclear Industries Directorate, United Kingdom
Finck, R.	Swedish Radiation Protection Institute, Sweden
Гарнык, Н.	Министерство Российской Федерации по атомной энергии
Gray, E.	National Center for Environmental Health, United States of America
Griffiths, H.	Chalk River Laboratories, Canada
Grlicarev, I.	Ministry of Environment and Physical Planning, Slovenia
Hadden, R.	Nuclear Safety Directorate, United Kingdom

Hänninen, R.	Finnish Centre for Radiation and Nuclear Safety, Finland
Hedemann-Jensen	P.RISØ National Laboratory, Denmark
Jouve, A.	Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire, France
Kheifets, L.	World Health Organization
Kis, P.	Ministry of Interior, Austria
Korn, H.	Bundesamt für Strahlenschutz, Germany
Kromp-Kolb, H.	Forum für Atomfragen, Austria
Кутыков В.	Российский научный центр “Курчатовский институт”, Российская Федерация
Lafortune, J. F.	International Safety Research, Canada
Lindell M.K	Texas A&M University, United States of America
Lux, I.	Hungarian Atomic Energy Authority, Hungary
Martincic, R.	International Atomic Energy Agency
McColl, N.	National Radiological Protection Board, United Kingdom
McKenna, T.	International Atomic Energy Agency
Mettler, F.A.	Federal Regional Medical Center, United States of America
Morrey, M.	National Radiological Protection Board, United Kingdom
Nawar, M.	Environmental Protection Agency, United States of America
Nogueira de Oliveira, C.	International Atomic Energy Agency
Olsson, R.	Swedish Nuclear Power Inspectorate, Sweden
Özbas, E.	Turkish Atomic Energy Authority, Turkey
Pan, Z.	China Atomic Energy Authority, China
Patchett, C.	Nuclear Safety Directorate, United Kingdom

Pessoa-Prdellas, C.A.	Strategic Affairs Ministry, Brazil
Pretti, J.	Ministère de l'Intérieur, France
Rigney, C.	International Atomic Energy Agency
Rochedo, E.	Comissão Nacional de Energia Nuclear, Brazil
Santezzi-Bertotelli- Andreuzza, M.G.	Strategic Affairs Ministry, Brazil
Scheffenegger, R.	Federal Chancellery, Austria
Sinkko, K.T.S.	Radiation and Nuclear Safety Authority, Finland
Souchkevitch, G.	World Health Organization
Susalla, M.	Department of Energy, United States of America
Табачный, Л.	Министерство Украины по вопросам чрезвычайных ситуаций и по делам защиты населения от последствий Чернобыльской катастрофы
Telleria, D.M.	Autoridad Regulatoria Nuclear, Argentina
Turai, I.	International Atomic Energy Agency
Vade, S.	European Commission
Viktory, D.	State Health Institute of the Slovak Republic, Slovakia
Woods, D.	International Atomic Energy Agency
Zähringer, M.	Bundesamt für Strahlenschutz, Germany
Zechner, J.E.	Federal Chancellery, Austria



**IAEA**

Международное агентство по атомной энергии

№ 22

## Где заказать публикации МАГАТЭ

В указанных странах публикации МАГАТЭ могут быть приобретены у перечисленных ниже поставщиков или в крупных книжных магазинах. Оплата может производиться в местной валюте или купонами ЮНЕСКО.

### АВСТРАЛИЯ

DA Information Services, 648 Whitehorse Road, MITCHAM 3132  
Телефон: +61 3 9210 7777 • Факс: +61 3 9210 7788  
Эл. почта: [service@dadirect.com.au](mailto:service@dadirect.com.au) • Веб-сайт: <http://www.dadirect.com.au>

### БЕЛЬГИЯ

Jean de Lanoy, avenue du Roi 202, B-1190 Brussels  
Телефон: +32 2 538 43 08 • Факс: +32 2 538 08 41  
Эл. почта: [jean.de.lanoy@infoboard.be](mailto:jean.de.lanoy@infoboard.be) • Веб-сайт: <http://www.jean-de-lanoy.be>

### ВЕНГРИЯ

Librotrade Ltd., Book Import, P.O. Box 126, H-1656 Budapest  
Телефон: +36 1 257 7777 • Факс: +36 1 257 7472 • Эл. почта: [books@librotrade.hu](mailto:books@librotrade.hu)

### ГЕРМАНИЯ

UNO-Verlag, Vertriebs- und Verlags GmbH, Am Hofgarten 10, D-53113 Bonn  
Телефон: +49 228 94 90 20 • Факс: +49 228 94 90 20 или +49 228 94 90 222  
Эл. почта: [bestellung@uno-verlag.de](mailto:bestellung@uno-verlag.de) • Веб-сайт: <http://www.uno-verlag.de>

### ИНДИЯ

Allied Publishers Group, 1st Floor, Dubash House, 15, J. N. Heredia Marg, Ballard Estate, Mumbai 400 001,  
Телефон: +91 22 22617926/27 • Факс: +91 22 22617928  
Эл. почта: [alliedpl@vsnl.com](mailto:alliedpl@vsnl.com) • Веб-сайт: <http://www.alliedpublishers.com>

Bookwell, 2/72, Nirankari Colony, Delhi 110009  
Телефон: +91 11 23268786, +91 11 23257264 • Факс: +91 11 23281315  
Эл. почта: [bookwell@vsnl.net](mailto:bookwell@vsnl.net)

### ИСПАНИЯ

Díaz de Santos, S.A., c/ Juan Bravo, 3A, E-28006 Madrid  
Телефон: +34 91 781 94 80 • Факс: +34 91 575 55 63  
Эл. почта: [compras@diazdesantos.es](mailto:compras@diazdesantos.es), [carmela@diazdesantos.es](mailto:carmela@diazdesantos.es), [barcelona@diazdesantos.es](mailto:barcelona@diazdesantos.es), [julio@diazdesantos.es](mailto:julio@diazdesantos.es)  
Веб-сайт: <http://www.diazdesantos.es>

### ИТАЛИЯ

Libreria Scientifica Dott. Lucio di Biasio "AEIOU", Via Coronelli 6, I-20146 Milan  
Телефон: +39 02 48 95 45 52 или 48 95 45 62 • Факс: +39 02 48 95 45 48  
Эл. почта: [info@libreriaaeiou.eu](mailto:info@libreriaaeiou.eu) • Веб-сайт: [www.libreriaaeiou.eu](http://www.libreriaaeiou.eu)

### КАНАДА

Bernan Associates, 4501 Forbes Blvd, Suite 200, Lanham, MD 20706-4346, USA  
Телефон 1-800-865-3457 • Факс: 1-800-865-3450  
Эл. почта: [customer-care@bernan.com](mailto:customer-care@bernan.com) • Веб-сайт: <http://www.bernan.com>

Renouf Publishing Company Ltd., 1-5369 Canotek Rd., Ottawa, Ontario, K1J 9J3  
Телефон: +613 745 2665 • Факс: +613 745 7660  
Эл. почта: [order.dept@renoufbooks.com](mailto:order.dept@renoufbooks.com) • Веб-сайт: <http://www.renoufbooks.com>

### КИТАЙ

Публикации МАГАТЭ на китайском языке:  
China Nuclear Energy Industry Corporation, Translation Section, P.O. Box 2103, Beijing

### НИДЕРЛАНДЫ

De Lindeboom Internationale Publicaties B.V., M.A. de Ruyterstraat 20A, NL-7482 BZ Haaksbergen  
Телефон: +31 (0) 53 5740004 • Факс: +31 (0) 53 5729296  
Эл. почта: [books@delindeboom.com](mailto:books@delindeboom.com) • Веб-сайт: <http://www.delindeboom.com>

Martinus Nijhoff International, Koraalrood 50, P.O. Box 1853, 2700 CZ Zoetermeer  
Телефон: +31 793 684 400 • Факс: +31 793 615 698  
Эл. почта: [info@nijhoff.nl](mailto:info@nijhoff.nl) • Веб-сайт: <http://www.nijhoff.nl>

Swets and Zeitlinger b.v., P.O. Box 830, 2160 SZ Lisse  
Телефон: +31 252 435 111 • Факс: +31 252 415 888  
Эл. почта: [infoho@swets.nl](mailto:infoho@swets.nl) • Веб-сайт: <http://www.swets.nl>

**НОВАЯ ЗЕЛАНДИЯ**

DA Information Services, 648 Whitehorse Road, MITCHAM 3132, Australia  
Телефон: +61 3 9210 7777 • Факс: +61 3 9210 7788  
Эл. почта: service@dadirect.com.au • Веб-сайт: <http://www.dadirect.com.au>

**ОРГАНИЗАЦИЯ ОБЪЕДИНЕННЫХ НАЦИЙ**

Dept. 1004, Room DC2-0853, First Avenue at 46th Street, New York, N.Y. 10017, USA  
(UN) Телефон: +800 253-9646 или +212 963-8302 • Факс: +212 963-3489  
Эл. почта: publications@un.org • Веб-сайт: <http://www.un.org>

**РЕСПУБЛИКА КОРЕЯ**

KINS Inc., Information Business Dept. Samho Bldg. 2nd Floor, 275-1 Yang Jae-dong SeoCho-G, Seoul 137 130  
Телефон: +02 589 1740 • Факс: +02 589 1746 • Веб-сайт: <http://www.kins.re.kr>

**СЛОВЕНИЯ**

Cankarjeva Založba d.d., Kopitarjeva 2, SI-1512 Ljubljana  
Телефон: +386 1 432 31 44 • Факс: +386 1 230 14 35  
Эл. почта: import.books@cankarjeva-z.si • Веб-сайт: <http://www.cankarjeva-z.si/uvovz>

**СОЕДИНЕННОЕ КОРОЛЕВСТВО**

The Stationery Office Ltd, International Sales Agency, PO Box 29, Norwich, NR3 1 GN  
Телефон (заказы): +44 870 600 5552 • (справки): +44 207 873 8372 • Факс: +44 207 873 8203  
Эл. почта (заказы): book.orders@tso.co.uk • (справки): book.enquiries@tso.co.uk • Веб-сайт: <http://www.tso.co.uk>

**Онлайн-заказы**

DELTA Int Book Wholesalers Ltd., 39 Alexandra Road, Addlestone, Surrey, KT15 2PQ  
Эл. почта: info@profbooks.com • Веб-сайт: <http://www.profbooks.com>

**Книги по экологии**

Earthprint Ltd., P.O. Box 119, Stevenage SG1 4TP  
Телефон: +44 1438748111 • Факс: +44 1438748844  
Эл. почта: orders@earthprint.com • Веб-сайт: <http://www.earthprint.com>

**СОЕДИНЕННЫЕ ШТАТЫ АМЕРИКИ**

Bernan Associates, 4501 Forbes Blvd, Suite 200, Lanham, MD 20706-4346  
Телефон: 1-800-865-3457 • Факс: 1-800-865-3450  
Эл. почта: customercare@bernan.com • Веб-сайт: <http://www.bernan.com>

Renouf Publishing Company Ltd., 812 Proctor Ave., Ogdensburg, NY, 13669  
Телефон: +888 551 7470 (бесплатный) • Факс: +888 568 8546 (бесплатный)  
Эл. почта: order.dept@renoufbooks.com • Веб-сайт: <http://www.renoufbooks.com>

**ФИНЛЯНДИЯ**

Akateeminen Kirjakauppa, PO BOX 128 (Keskuskatu 1), FIN-00101 Helsinki  
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, P.O. Box 25, F-75921 Paris Cedex 19  
Телефон: +33 1 42 01 49 49 • Факс: +33 1 42 01 90 90  
Эл. почта: formedit@formedit.fr • Веб-сайт: <http://www.formedit.fr>

Lavoisier SAS, 145 rue de Provigny, 94236 Cachan Cedex  
Телефон: +33 1 47 40 67 02 • Факс: +33 1 47 40 67 02  
Эл. почта: romuald.verrier@lavoisier.fr • Веб-сайт: <http://www.lavoisier.fr>

**ЧЕШСКАЯ РЕСПУБЛИКА**

Suweco CZ, S.R.O., Klecakova 347, 180 21 Praha 9  
Телефон: +420 26603 5364 • Факс: +420 28482 1646  
Эл. почта: nakup@suweco.cz • Веб-сайт: <http://www.suweco.cz>

**ЯПОНИЯ**

Maruzen Company Ltd, 1-9-18, Kaigan, Minato-ku, Tokyo, 105-0022  
Телефон: +81 3 6367 6079 • Факс: +81 3 6367 6207  
Эл. почта: journal@maruzen.co.jp • Веб-сайт: <http://www.maruzen.co.jp>

**Заказы и запросы в отношении информации** можно также направлять непосредственно по адресу:

**Группа сбыта и маркетинга, Международное агентство по атомной энергии -  
Marketing and Sales Unit, International Atomic Energy Agency**

Vienna International Centre, PO Box 100, 1400 Vienna, Austria  
Телефон: +43 1 2600 22529 (или 22530) • Факс: +43 1 2600 29302  
Эл. почта: sales.publications@iaea.org • Веб-сайт: <http://www.iaea.org/books>





