

# Нормы безопасности МАГАТЭ

для защиты людей и охраны окружающей среды

## Обоснование безопасности и оценка безопасности захоронения радиоактивных отходов

Специальное руководство по безопасности  
№ SSG-23



**IAEA**

Международное агентство по атомной энергии

# НОРМЫ БЕЗОПАСНОСТИ МАГАТЭ И ДРУГИЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ДАННОЙ ТЕМЕ

## НОРМЫ БЕЗОПАСНОСТИ МАГАТЭ

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

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

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

[www.iaea.org/ru/resursy/normy-bezopasnosti](http://www.iaea.org/ru/resursy/normy-bezopasnosti)

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

Всем пользователям норм безопасности МАГАТЭ предлагается сообщать МАГАТЭ об опыте их использования (например, в качестве основы для национальных регулирующих положений, для составления обзоров безопасности и учебных курсов) в целях обеспечения того, чтобы они по-прежнему отвечали потребностям пользователей. Эта информация может быть направлена через сайт МАГАТЭ в Интернете или по почте (см. адрес выше), или по электронной почте по адресу [Official.Mail@iaea.org](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 в ядерной деятельности выпускаются в качестве **докладов по безопасности**, в которых приводятся практические примеры и подробные описания методов, которые могут использоваться в поддержку норм безопасности.

Другие публикации МАГАТЭ по вопросам безопасности выпускаются в качестве публикаций по **аварийной готовности и реагированию, докладов по радиологическим оценкам, докладов ИНСАГ** — Международной группы по ядерной безопасности, **технических докладов** и документов серии **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.

ОБОСНОВАНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ  
И ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ  
ЗАХОРОНЕНИЯ  
РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ

Членами Международного агентства по атомной энергии являются следующие государства:

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

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

СЕРИЯ НОРМ БЕЗОПАСНОСТИ МАГАТЭ, № SSG-23

ОБОСНОВАНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ  
И ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ  
ЗАХОРОНЕНИЯ  
РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ

СПЕЦИАЛЬНОЕ РУКОВОДСТВО ПО БЕЗОПАСНОСТИ

МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ  
ВЕНА, 2024 ГОД

## УВЕДОМЛЕНИЕ ОБ АВТОРСКОМ ПРАВЕ

Все научные и технические публикации МАГАТЭ защищены положениями Всемирной конвенции об авторском праве, принятой в 1952 году (Берн) и пересмотренной 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 оформляется соглашениями типа роялти. Предложения о некоммерческом воспроизведении и переводе приветствуются и рассматриваются в каждом случае в отдельности. Вопросы следует направлять в Издательскую секцию МАГАТЭ по адресу:

Группа маркетинга и сбыта (Marketing and Sales Unit)  
Издательская секция  
Международное агентство по атомной энергии  
Венский международный центр,  
а/я 100,  
А1400 Вена, Австрия  
Факс: +43 1 26007 22529  
Тел.: +43 1 2600 22417  
Эл. почта: [sales.publications@iaea.org](mailto:sales.publications@iaea.org)  
<https://www.iaea.org/ru/publikacii>

© МАГАТЭ, 2024

Отпечатано МАГАТЭ в Австрии

Февраль 2024 года

STI/PUB/1553

ОБОСНОВАНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ  
И ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ  
ЗАХОРОНЕНИЯ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ  
МАГАТЭ, ВЕНА, 2024 ГОД  
STI/PUB/1553  
ISBN 978-92-0-414423-9 (печатный формат)  
ISBN 978-92-0-414323-2 (формат pdf)  
ISSN 1020-5845

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Устав МАГАТЭ уполномочивает Агентство «устанавливать или применять ... нормы безопасности для охраны здоровья и сведения к минимуму опасности для жизни и имущества» — нормы, которые МАГАТЭ должно использовать в своей собственной работе и которые государства могут применять посредством их включения в свои регулирующие положения в области ядерной и радиационной безопасности. МАГАТЭ осуществляет это в консультации с компетентными органами Организации Объединенных Наций и с заинтересованными специализированными учреждениями. Всеобъемлющий свод высококачественных и регулярно пересматриваемых норм безопасности наряду с помощью МАГАТЭ в их применении является ключевым элементом стабильного и устойчивого глобального режима безопасности.

МАГАТЭ начало осуществлять свою программу по нормам безопасности в 1958 году. Значение, уделяемое качеству, соответствию поставленной цели и постоянному совершенствованию, лежит в основе широкого применения норм МАГАТЭ во всем мире. Серия норм безопасности теперь включает единообразные основополагающие принципы безопасности, которые выработаны на основе международного консенсуса в отношении того, что должно пониматься под высоким уровнем защиты и безопасности. При твердой поддержке со стороны Комиссии по нормам безопасности МАГАТЭ проводит работу с целью содействия глобальному признанию и использованию своих норм.

Однако нормы эффективны лишь тогда, когда они надлежащим образом применяются на практике. Услуги МАГАТЭ в области безопасности охватывают вопросы проектирования, выбора площадки и инженерно-технической безопасности, эксплуатационной безопасности, радиационной безопасности, безопасной перевозки радиоактивных материалов и безопасного обращения с радиоактивными отходами, а также вопросы государственной основы, регулирования и культуры безопасности в организациях. Эти услуги в области безопасности содействуют государствам-членам в применении норм и позволяют обмениваться ценным опытом и данными.

Ответственность за деятельность по регулированию безопасности возлагается на страны, и многие государства принимают решения применять нормы МАГАТЭ по безопасности в своих национальных регулирующих положениях. Для сторон различных международных конвенций по безопасности нормы МАГАТЭ являются согласованным и надежным средством обеспечения эффективного выполнения обязательств, вытекающих из этих конвенций. Эти нормы применяются также

регулирующими органами и операторами во всем мире в целях повышения безопасности при производстве ядерной энергии и применении ядерных методов в медицине, промышленности, сельском хозяйстве и научных исследованиях.

Безопасность — это не самоцель, а необходимое условие защиты людей во всех государствах и охраны окружающей среды в настоящее время и в будущем. Риски, связанные с ионизирующими излучениями, должны оцениваться и контролироваться без неоправданного ограничения вклада ядерной энергии в справедливое и устойчивое развитие. Правительства, регулирующие органы и операторы во всем мире должны обеспечивать, чтобы ядерный материал и источники излучения использовались для всеобщего блага, в условиях безопасности и с учетом мнения общественности. Для содействия этому предназначены нормы МАГАТЭ по безопасности, которые я призываю применять все государства-члены.

## **ПРИМЕЧАНИЕ СЕКРЕТАРИАТА**

Нормы МАГАТЭ по безопасности отражают международный консенсус в отношении того, что является основой высокого уровня безопасности для защиты людей и охраны окружающей среды от вредного воздействия ионизирующего излучения. В процессе разработки, рассмотрения и установления норм МАГАТЭ участвуют Секретариат МАГАТЭ и все государства-члены, многие из которых представлены в четырёх комитетах МАГАТЭ по нормам безопасности и в Комиссии МАГАТЭ по нормам безопасности.

Нормы МАГАТЭ, которые являются ключевым элементом глобального режима безопасности, регулярно пересматриваются Секретариатом, комитетами по нормам безопасности и Комиссией по нормам безопасности. Секретариат собирает информацию об опыте применения норм МАГАТЭ и информацию, полученную в связи с реагированием на произошедшие события, с целью обеспечения соответствия этих норм потребностям пользователей. В настоящей публикации нашли отражение информация и опыт, накопленные до 2010 года, и она была серьезно переработана в рамках процесса рассмотрения норм.

Уроки, которые могут быть извлечены из аварии на АЭС «Фукусима-дайити» в Японии, произошедшей после катастрофического землетрясения и цунами 11 марта 2011 года, будут учтены в будущих пересмотренных выпусках настоящей публикации норм МАГАТЭ по безопасности.



# НОРМЫ БЕЗОПАСНОСТИ МАГАТЭ

## ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Радиоактивность — это естественное явление, и в окружающей среде присутствуют природные (естественные) источники излучения. Ионизирующие излучения и радиоактивные вещества с пользой применяются во многих сферах — от производства энергии до использования в медицине, промышленности и сельском хозяйстве. Радиационные риски, которым в результате этих применений могут подвергаться работники, население и окружающая среда, подлежат оценке и должны в случае необходимости контролироваться.

Поэтому такая деятельность, как медицинское использование излучения, эксплуатация ядерных установок, производство, перевозка и использование радиоактивных материалов и обращение с радиоактивными отходами, должна осуществляться в соответствии с нормами безопасности.

Ответственность за регулирование в области безопасности возлагается на государства. Однако радиационные риски могут выходить за пределы национальных границ, и в рамках международного сотрудничества принимаются меры по обеспечению и укреплению безопасности в глобальном масштабе посредством обмена опытом и расширения возможностей для контроля опасностей, предотвращения аварий, реагирования в случае аварийных ситуаций и смягчения любых вредных последствий.

Государства обязаны проявлять должную осмотрительность и соответствующую осторожность, и предполагается, что они будут выполнять свои национальные и международные обязательства.

Международные нормы безопасности содействуют выполнению государствами своих обязательств согласно общим принципам международного права, например, касающимся охраны окружающей среды. Кроме того, международные нормы безопасности укрепляют и обеспечивают уверенность в безопасности и способствуют международной торговле.

Глобальный режим ядерной безопасности постоянно совершенствуется. Нормы безопасности МАГАТЭ, которые поддерживают осуществление имеющих обязательную силу международных договорно-правовых документов и функционирование национальных инфраструктур безопасности, являются краеугольным камнем этого глобального режима.

Нормы безопасности МАГАТЭ представляют собой полезный инструмент, с помощью которого договаривающиеся стороны оценивают свою деятельность по выполнению этих конвенций.

## НОРМЫ БЕЗОПАСНОСТИ МАГАТЭ

Статус норм безопасности МАГАТЭ вытекает из Устава МАГАТЭ, которым МАГАТЭ уполномочивается устанавливать и применять, в консультации и в надлежащих случаях в сотрудничестве с компетентными органами Организации Объединенных Наций и с заинтересованными специализированными учреждениями, нормы безопасности для охраны здоровья и сведения к минимуму опасности для жизни и имущества и обеспечивать применение этих норм.

В целях обеспечения защиты людей и охраны окружающей среды от вредного воздействия ионизирующего излучения нормы безопасности МАГАТЭ устанавливают основополагающие принципы безопасности, требования и меры для обеспечения контроля за радиационным облучением людей и выбросом радиоактивного материала в окружающую среду, ограничения вероятности событий, которые могут привести к утрате контроля за активной зоной ядерного реактора, ядерной цепной реакцией, радиоактивным источником или любым другим источником излучения, и смягчения последствий таких событий в случае, если они будут иметь место. Нормы касаются установок и деятельности, связанных с радиационными рисками, включая ядерные установки, использование радиационных и радиоактивных источников, перевозку радиоактивных материалов и обращение с радиоактивными отходами.

Меры по обеспечению безопасности и физической безопасности<sup>1</sup> преследуют общую цель защиты жизни и здоровья людей и охраны окружающей среды. Меры по обеспечению безопасности и физической безопасности должны разрабатываться и осуществляться комплексно таким образом, чтобы меры по обеспечению физической безопасности не осуществлялись в ущерб безопасности, и наоборот, чтобы меры по обеспечению безопасности не осуществлялись в ущерб физической безопасности.

---

<sup>1</sup> См. также публикации в серии изданий МАГАТЭ по физической ядерной безопасности.

Нормы безопасности МАГАТЭ отражают международный консенсус в отношении того, что является основой высокого уровня безопасности для защиты людей и охраны окружающей среды от вредного воздействия ионизирующего излучения. Они выпускаются в Серии норм безопасности МАГАТЭ, которая состоит из документов трех категорий (см. рис. 1).

### Основы безопасности

Основы безопасности содержат основополагающие цели и принципы защиты и безопасности и служат основой для требований безопасности.

### Требования безопасности

Комплексный и согласованный свод требований безопасности устанавливает требования, которые должны выполняться с целью обеспечения защиты людей и охраны окружающей среды в настоящее время и в будущем. Эти требования устанавливаются в соответствии с целями и принципами, изложенными в Основах безопасности. Если требования не выполняются, то должны приниматься меры для



РИС. 1. Долгосрочная структура Серии норм безопасности МАГАТЭ.

достижения или восстановления требуемого уровня безопасности. Формат и стиль требований облегчают их гармоничное использование для создания национальной основы регулирования. Требования, включая пронумерованные всеобъемлющие требования, выражаются формулировками «должен, должна, должно, должны». Многие требования конкретно не адресуются, а это означает, что за их выполнение отвечают соответствующие стороны.

### **Руководства по безопасности**

В руководствах по безопасности содержатся рекомендации и руководящие материалы, касающиеся выполнения требований безопасности, и в них выражается международный консенсус в отношении необходимости принятия рекомендуемых мер (или эквивалентных альтернативных мер). В руководствах по безопасности представлена международная надлежащая практика, и они во все большей степени отражают наилучшую практику, помогающую пользователям достичь высокого уровня безопасности. Рекомендации, содержащиеся в руководствах по безопасности, формулируются с применением глагола «следует».

## **ПРИМЕНЕНИЕ НОРМ БЕЗОПАСНОСТИ МАГАТЭ**

Основными пользователями норм безопасности в государствах — членах МАГАТЭ являются регулирующие и другие соответствующие государственные органы. Кроме того, нормы безопасности МАГАТЭ используются другими организациями-спонсорами и многочисленными организациями, которые занимаются проектированием, сооружением и эксплуатацией ядерных установок, а также организациями, участвующими в использовании радиационных и радиоактивных источников.

Нормы безопасности МАГАТЭ применяются в соответствующих случаях на протяжении всего жизненного цикла всех имеющихся и новых установок, используемых в мирных целях, и на протяжении всей нынешней и новой деятельности в мирных целях, а также в отношении защитных мер, применяемых с целью уменьшения существующих радиационных рисков. Они могут использоваться государствами в качестве основы для национальных регулирующих положений в отношении установок и деятельности.

Согласно Уставу МАГАТЭ нормы безопасности являются обязательными для МАГАТЭ применительно к его собственной деятельности, а также для государств применительно к работе, выполняемой с помощью МАГАТЭ.

Кроме того, нормы безопасности МАГАТЭ формируют основу для услуг МАГАТЭ по рассмотрению безопасности, и они используются МАГАТЭ для повышения компетентности, включая разработку учебных планов и проведение учебных курсов.

Международные конвенции содержат требования, которые аналогичны требованиям, изложенным в нормах безопасности МАГАТЭ, и являются обязательными для договаривающихся сторон. Нормы безопасности МАГАТЭ, подкрепляемые международными конвенциями, отраслевыми стандартами и подробными национальными требованиями, создают прочную основу для защиты людей и охраны окружающей среды. Существуют также некоторые особые вопросы безопасности, требующие оценки на национальном уровне. Например, многие нормы безопасности МАГАТЭ, особенно нормы, посвященные вопросам планирования или разработки мер по обеспечению безопасности, предназначаются, прежде всего, для применения к новым установкам и видам деятельности. На некоторых существующих установках, сооруженных в соответствии с нормами, принятыми ранее, не возможно выполнять в полном объеме требования, установленные в нормах безопасности МАГАТЭ. Вопрос о том, как нормы безопасности МАГАТЭ должны применяться на таких установках, решают сами государства.

Научные соображения, лежащие в основе норм безопасности МАГАТЭ, обеспечивают объективную основу для принятия решений по вопросам безопасности; однако органы, отвечающие за принятие решений, должны также выносить обоснованные суждения, а также должны определять, как обеспечить оптимальный баланс между пользой от принимаемых мер или осуществляемых мероприятий и связанными с ними радиационными рисками и любыми иными негативными последствиями применения этих мер или мероприятий.

## ПРОЦЕСС РАЗРАБОТКИ НОРМ БЕЗОПАСНОСТИ МАГАТЭ

Подготовкой и рассмотрением норм безопасности занимаются Секретариат МАГАТЭ и пять комитетов по нормам безопасности, охватывающих аварийную готовность и реагирование (ЭПРеСК), ядерную безопасность (НУССК), радиационную безопасность (РАССК), безопасность радиоактивных отходов (ВАССК) и безопасную перевозку радиоактивных материалов (ТРАНССК), а также Комиссия по нормам безопасности (КНБ), которая осуществляет надзор за программой по нормам безопасности МАГАТЭ (см. рис. 2).

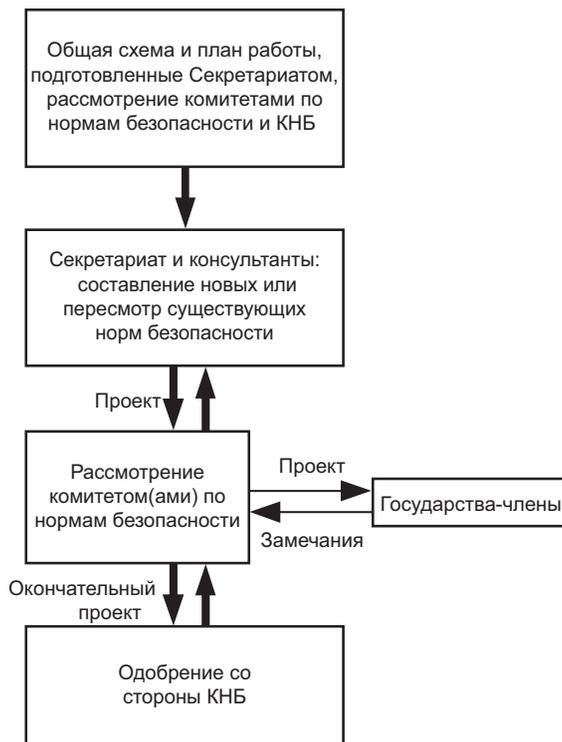


РИС. 2. Процесс разработки новых норм безопасности или пересмотр существующих норм.

Все государства — члены МАГАТЭ могут назначать экспертов в комитеты по нормам безопасности и представлять замечания по проектам норм. Члены Комиссии по нормам безопасности назначаются Генеральным директором, и в ее состав входят старшие правительственные должностные лица, несущие ответственность за установление национальных норм.

Для осуществления процессов планирования, разработки, рассмотрения, пересмотра и установления норм безопасности МАГАТЭ создана система управления. Особое место в ней занимают мандат МАГАТЭ, видение будущего применения норм, политики и стратегий безопасности и соответствующие функции и обязанности.

## ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ С ДРУГИМИ МЕЖДУНАРОДНЫМИ ОРГАНИЗАЦИЯМИ

При разработке норм безопасности МАГАТЭ учитываются выводы Научного комитета ООН по действию атомной радиации (НКДАР ООН) и рекомендации международных экспертных органов, в частности, Международной комиссии по радиологической защите (МКРЗ). Некоторые нормы безопасности разрабатываются в сотрудничестве с другими органами системы Организации Объединенных Наций или другими специализированными учреждениями, включая Продовольственную и сельскохозяйственную организацию Объединенных Наций, Программу Организации Объединенных Наций по окружающей среде, Международную организацию труда, Агентство по ядерной энергии ОЭСР, Панамериканскую организацию здравоохранения и Всемирную организацию здравоохранения.

## ТОЛКОВАНИЕ ТЕКСТА

Относящиеся к ядерной и физической безопасности термины следует понимать в соответствии с определениями, приведенными в Глоссарии МАГАТЭ по ядерной и физической безопасности (см. <https://www.iaea.org/resources/publications/iaea-nuclear-safety-and-security-glossary>). Во всех остальных случаях в издании на английском языке слова используются с написанием и значением, приведенными в последнем издании Краткого оксфордского словаря английского языка. Для руководств по безопасности аутентичным текстом является английский вариант.

Общие сведения и соответствующий контекст норм в Серии норм безопасности МАГАТЭ, а также их цель, сфера применения и структура приводятся в разделе 1 «Введение» каждой публикации.

Материал, который нецелесообразно включать в основной текст (например, материал, являющийся вспомогательным или отдельным от основного текста, дополняет формулировки основного текста или описывает методы расчетов, процедуры или пределы и условия), может быть представлен в дополнениях или приложениях.

Дополнение, если оно включено, рассматривается в качестве неотъемлемой части норм безопасности. Материал в дополнении имеет тот же статус, что и основной текст, и МАГАТЭ берет на себя авторство в отношении такого материала. Приложения и сноски к основному тексту, если они включены, используются для предоставления практических примеров или дополнительной информации или пояснений. Приложения и сноски не являются неотъемлемой частью основного текста. Материал

в приложениях, опубликованный МАГАТЭ, не обязательно выпускается в качестве его авторского материала; в приложениях к нормам безопасности может быть представлен материал, имеющий другое авторство. Посторонний материал, публикуемый в приложениях, приводится в виде выдержек и адаптируется по мере необходимости, с тем чтобы быть в целом полезным.

## СОДЕРЖАНИЕ

1.	ВВЕДЕНИЕ .....	1
	Общие сведения (1.1–1.4) .....	1
	Цель (1.5) .....	3
	Область применения (1.6–1.7) .....	3
	Структура (1.8) .....	4
2.	ДЕМОНСТРАЦИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ЗАХОРОНЕНИЯ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ (2.1–2.10) .....	5
3.	ПРИНЦИПЫ БЕЗОПАСНОСТИ И ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ (3.1) .....	11
	Принципы безопасности (3.2–3.3) .....	11
	Требования к обоснованию безопасности и оценке безопасности (3.4–3.17) .....	12
4.	ОБОСНОВАНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ЗАХОРОНЕНИЯ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ (4.1–4.5) .....	19
	Роль и разработка обоснования безопасности (4.6–4.19) .....	22
	Элементы обоснования безопасности (4.20–4.88) .....	27
	Взаимодействующие процессы (4.89–4.100) .....	51
5.	ОЦЕНКА РАДИОЛОГИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ В ПЕРИОД ПОСЛЕ ЗАКРЫТИЯ (5.1–5.5) .....	55
	Контекст оценки (5.6–5.34) .....	56
	Описание системы захоронения (5.35) .....	64
	Разработка и обоснование сценариев (5.36–5.46) .....	65
	Разработка и реализация моделей оценки (5.47–5.50) .....	68
	Проведение расчетов и анализ результатов (5.51–5.69) .....	70
	Уточнение модели оценки (5.70–5.71) .....	75
	Сопоставление с критериями оценки (5.72–5.74) .....	76
6.	КОНКРЕТНЫЕ ВОПРОСЫ (6.1) .....	77
	Эволюция обоснования безопасности (6.2–6.22) .....	77
	Дифференцированный подход (6.23–6.28) .....	87

Глубокоэшелонированная защита (6.29–6.37) . . . . .	87
Устойчивость (6.38–6.42) . . . . .	92
Временной интервал, рассматриваемый при оценке (6.43–6.51) . . . . .	93
Проникновение человека (6.52–6.65) . . . . .	97
Ведомственный контроль (6.66–6.73) . . . . .	103
Возможность извлечения отходов (6.74–6.78) . . . . .	106
Оценка вариантов (6.79–6.89) . . . . .	108
<b>7. ДОКУМЕНТИРОВАНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОБОСНОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ (7.1) . . . . .</b>	<b>114</b>
Документирование обоснования безопасности (7.2–7.17) . . . . .	114
Использование обоснования безопасности (7.18–7.23) . . . . .	123
<b>8. ПРОЦЕСС РАССМОТРЕНИЯ РЕГУЛИРУЮЩИМ ОРГАНОМ (8.1) . . . . .</b>	<b>125</b>
Цели и особенности процесса рассмотрения регулирующим органом (8.2–8.6) . . . . .	126
Управление процессом рассмотрения (8.7–8.13) . . . . .	129
Использование регулирующим органом дифференцированного подхода (8.14) . . . . .	132
Проведение рассмотрения и отчетность о его результатах (8.15–8.18) . . . . .	133
<b>СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ . . . . .</b>	<b>137</b>
<b>СОСТАВИТЕЛИ И РЕЦЕНЗЕНТЫ . . . . .</b>	<b>141</b>
<b>ОРГАНЫ, УЧАСТВУЮЩИЕ В ОДОБРЕНИИ НОРМ БЕЗОПАСНОСТИ МАГАТЭ . . . . .</b>	<b>143</b>

# 1. ВВЕДЕНИЕ

## ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

1.1. Захоронение радиоактивных отходов представляет собой заключительный этап обращения с ними, и проектирование, эксплуатация и закрытие пунктов захоронения радиоактивных отходов осуществляются с учетом необходимости обеспечения степени удержания и изоляции<sup>1</sup>, требуемой для того, чтобы гарантировать безопасность. основополагающая цель безопасности — это защита людей и охрана окружающей среды от вредного воздействия ионизирующего излучения [1], и если сформулировать ее в качестве принципа:

«Обращение с радиоактивными отходами должно быть организовано таким образом, чтобы оно не вело к созданию неоправданных проблем для будущих поколений, т. е. поколения, производящие отходы, должны изыскивать и применять рациональные и экологически приемлемые методы долгосрочного обращения с отходами» [1].

1.2. Что касается всех установок и деятельности, связанных с радиоактивным материалом и ионизирующим излучением, то оператор пункта захоронения несет главную ответственность за безопасность и обязан производить оценку безопасности этого объекта и демонстрировать, что при проектировании этого объекта и его эксплуатации соблюдаются соответствующие требования безопасности [1]. Требования безопасности

---

<sup>1</sup> Удержание означает все методы или физические конструкции, предназначенные для предотвращения или контроля выброса и рассеивания радиоактивных веществ. Изоляция отходов от доступной биосферы существенно снижает вероятность непреднамеренного проникновения человека на пункт захоронения отходов и последствий такого проникновения.

при захоронении радиоактивных отходов предусматривают, в частности, разработку обоснования безопасности<sup>2</sup> наряду с проведением вспомогательной оценки безопасности [2].

1.3. Обоснование безопасности — это совокупность научных, технических, административных и управленческих аргументов и доказательств, обосновывающих безопасность пункта захоронения отходов, описывающих пригодность площадки и проекта, строительство и эксплуатацию этого пункта, оценку радиационных рисков и обеспечение надлежащего исполнения и качества всех связанных с безопасностью работ, производимых в связи с пунктом захоронения. Оценка безопасности, являющаяся неотъемлемой частью обоснования безопасности, основывается на систематической оценке радиационных опасностей и является важным элементом обоснования безопасности. Последнее включает количественную оценку дозы облучения и радиационных рисков, которые могут возникнуть в связи с пунктом захоронения для их сравнения с критериями дозы и риска, и обеспечивает понимание поведения пункта захоронения в нормальных условиях эксплуатации и при их нарушении с учетом временных интервалов, в течение которых радиоактивные отходы сохраняют свою опасность. Обоснование безопасности и вспомогательная оценка безопасности обеспечивают основу для демонстрации безопасности и для лицензирования. По мере разработки пункта захоронения их содержание будет меняться и они будут оказывать помощь при принятии и определении решений на этапах выбора площадки, проектирования и эксплуатации. Обоснование безопасности будет также являться главной основой, на которой будет выстраиваться диалог с заинтересованными сторонами и формироваться уверенность в безопасности пункта захоронения.

---

<sup>2</sup> Концепция разработки обоснования безопасности пунктов захоронения отходов, изложенная в настоящей публикации, используется во многих государствах. Однако в разных государствах используется различная терминология. Например, в Соединенных Штатах Америки используется термин «total system performance analysis» («общий анализ функциональной эффективности системы») (наряду с регулируемыми положениями, относящимися к конкретному способу захоронения), охватывающий все аспекты обоснования безопасности, изложенные в настоящем Руководстве по безопасности. Во Франции для обозначения обоснования безопасности используется термин «dossier» («досье»). В Германии и Швейцарии используется термин «Sicherheitsnachweis» («обоснование безопасности»). В Испании для обозначения обоснования безопасности применяется термин «estudio de seguridad» («исследование безопасности»).

1.4. Настоящее Руководство по безопасности содержит руководящие материалы и рекомендации по соблюдению требований безопасности в отношении обоснования безопасности и вспомогательной оценки безопасности для захоронения радиоактивных отходов.

## ЦЕЛЬ

1.5. Целью настоящего Руководства по безопасности является предоставление руководящих материалов о том, как оценивать, демонстрировать и документировать безопасность пунктов захоронения радиоактивных отходов всех типов. В нем излагаются наиболее важные соображения по оценке безопасности пунктов захоронения радиоактивных отходов после их закрытия, а также содержатся руководящие материалы по проведению такой оценки и представлению обоснования безопасности, разработанные на основе наилучшей практики. Эти руководящие материалы предназначены для эксплуатирующих организаций, которые несут ответственность за подготовку обоснования безопасности, а также для регулирующего органа, который отвечает за разработку регулирующих положений и регулирующих руководящих материалов, определяющих основу и сферу охвата обоснования безопасности. В целях обеспечения дополнительной поддержки процессов регулирования настоящее Руководство по безопасности также содержит руководящие материалы по рассмотрению обоснования безопасности регулирующим органом.

## ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

1.6. В настоящем Руководстве по безопасности рассматривается подготовка обоснования безопасности и вспомогательной оценки безопасности для всех типов радиоактивных отходов, требующих специализированных пунктов захоронения. В Руководстве по безопасности изложены руководящие материалы и рекомендации, касающиеся всех периодов разработки пункта захоронения отходов. Основное внимание при этом уделяется функциональной эффективности пункта захоронения отходов и оценке его воздействия после закрытия. Кроме того, рассмотрены и другие актуальные аспекты, такие как эксплуатационная безопасность и нерадиологические риски, однако эти аспекты подробно не обсуждаются. Аспекты физической безопасности также подробно не обсуждаются, хотя и излагаются рекомендации по выполнению требования о принятии

мер по применению комплексного подхода к обеспечению безопасности и физической ядерной безопасности при захоронении радиоактивных отходов [2].

1.7. Настоящее Руководство по безопасности, кроме того, содержит ряд рекомендаций по привлечению заинтересованных сторон, вопросам информирования о риске и подходам к принятию решений, поскольку они являются важными составляющими процесса принятия решений, в котором используется обоснование безопасности. В нем также содержатся руководящие материалы и рекомендации по процессу регулирования.

## СТРУКТУРА

1.8. В разделе 2 настоящего Руководства по безопасности обсуждается общий процесс демонстрации безопасности пункта захоронения радиоактивных отходов. В разделе 3 кратко излагаются основные принципы безопасности и требования безопасности, которые необходимо соблюдать при подготовке обоснования безопасности. Общая цель последующих разделов заключается в изложении руководящих материалов относительно того, как следует выполнять эти требования. В разделе 4 подробно рассматривается концепция обоснования безопасности. Описаны элементы обоснования безопасности и их роль в сооружении, эксплуатации и закрытии пункта захоронения отходов. Также обсуждаются возможности формирования уверенности в обосновании безопасности. В разделе 5 рассматривается методология оценки радиологического воздействия после закрытия, которая является ключевым элементом обоснования безопасности, описанного в разделе 4. Различные этапы этого процесса изложены в общих чертах и подробно рассмотрены. В частности, приведены руководящие материалы и рекомендации по управлению неопределенностями в рамках оценки радиологического воздействия, а также по использованию результатов оценок для сопоставления с критериями оценки. В разделе 6 рассмотрены конкретные вопросы, возникающие при подготовке обоснования безопасности. Раздел 7 посвящен документированию обоснования безопасности и в нем указаны возможные варианты использования обоснования безопасности при реализации проекта пункта захоронения. Раздел 8 содержит руководящие материалы и рекомендации по рассмотрению обоснования безопасности регулирующим органом.

## 2. ДЕМОНСТРАЦИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ЗАХОРОНЕНИЯ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ

2.1. Основопологающей целью безопасности является защита людей и охрана окружающей среды от вредного воздействия ионизирующего излучения [1]. Более того,

«Обращение с радиоактивными отходами должно быть организовано таким образом, чтобы оно не вело к созданию неоправданных проблем для будущих поколений, т. е. поколения, производящие отходы, должны изыскивать и применять рациональные и экологически приемлемые методы долгосрочного обращения с отходами» [1].

Предпочтительной стратегией обращения со всеми радиоактивными отходами является их удержание и изоляция от доступной биосферы [2].

2.2. В соответствии с дифференцированным подходом [2, 3] следует обеспечивать, чтобы способность выбранной системы захоронения удерживать отходы и изолировать их от людей и доступной биосферы была соизмерима с потенциальной опасностью отходов. Это достигается в первую очередь путем выбора надлежащих форм и упаковок отходов, площадки размещения пункта захоронения и его проекта. От пунктов захоронения не требуется обеспечивать полное удержание и изоляцию отходов вечно; это нецелесообразно и этого не требует опасность отходов, которая со временем снижается.

2.3. Пункты захоронения радиоактивных отходов сооружаются и эксплуатируются во многих государствах уже несколько десятилетий. Большинство действующих в настоящее время подобных установок представляют собой пункты приповерхностного захоронения, однако в настоящее время действует один пункт геологического захоронения<sup>3</sup> и во многих государствах ведутся строительство и подготовка к эксплуатации других пунктов глубинного геологического захоронения, пригодных для размещения в них высокоактивных отходов [4–13].

---

<sup>3</sup> Министерство энергетики США, Экспериментальная установка по изоляции отходов (WIPP), Карлсбад, шт. Нью-Мексико, США.

2.4. По мере развития национальных программ захоронения радиоактивных отходов предпринимались значительные усилия по разработке системных и международно признанных подходов к демонстрации безопасности пунктов захоронения и подготовке обоснований безопасности конкретных пунктов захоронения. Обоснование безопасности определяется как «сбор аргументов и доказательств для демонстрации безопасности установки» [2]. Демонстрация приемлемого уровня безопасности пункта захоронения опирается на приводимые в обосновании безопасности аргументы о характеристиках площадки и инженерных характеристиках пункта (например, системе инженерно-технических барьеров), на результаты оценки безопасности и механизмы менеджмента, которые обеспечивают качество во всех аспектах работы, связанной с обеспечением безопасности.

2.5. Оценка безопасности предполагает оценку функциональной эффективности системы захоронения и количественную оценку ее потенциального радиологического воздействия на здоровье человека и окружающую среду. Оценка безопасности является основным элементом обоснования безопасности пункта захоронения, и в ней следует учитывать потенциальные радиологические воздействия пункта как в процессе его эксплуатации, так и после его закрытия. Радиологические воздействия могут возникать в результате постепенных процессов после закрытия, которые могут приводить к ухудшению характеристик пункта и его элементов (например, природных и инженерно-технических барьеров), а также в результате отдельных разрушительных событий, которые могут повлиять на изоляцию отходов (например, землетрясения, разломообразования и непреднамеренного проникновения человека). При оценке безопасности следует продемонстрировать соответствие пункта захоронения действующим регулирующим требованиям.

2.6. Рекомендации по соблюдению требований безопасности, установленных в публикации [2] для различных типов пунктов захоронения, содержатся в публикациях [14–16]. В публикации [3] изложены требования к оценке безопасности; эти требования применяются ко всем установкам и видам деятельности, включая пункты захоронения отходов на этапах их эксплуатации и после их закрытия. В отношении пунктов захоронения особое внимание следует уделять необходимости обеспечения безопасности в течение длительных периодов времени, соизмеримых с периодами полураспада и количествами радионуклидов, содержащихся в отходах.

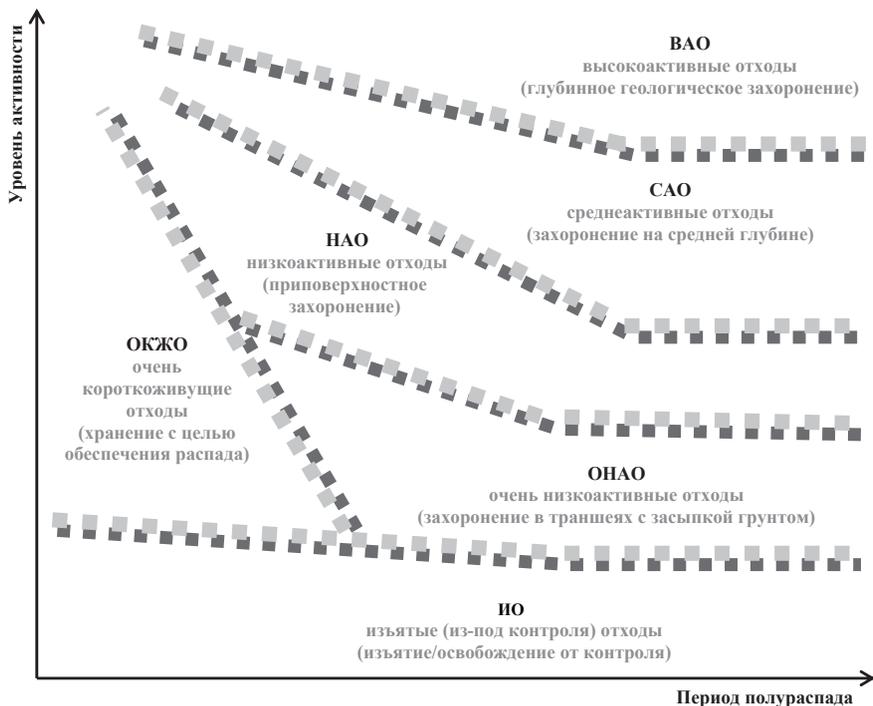


Рис. 1. Концептуальная иллюстрация схемы классификации отходов.

2.7. Схема классификации радиоактивных отходов приведена в публикации [17] и показана на рис. 1. Классы отходов, описанные в публикации [17] и рассматриваемые в пункте 2.8, являются обобщенными, а показанные на схеме классификации отходов на рис. 1 связи между классами радиоактивных отходов и типами пунктов захоронения отходов имеют ориентировочный характер. Эти связи не отменяют необходимости проведения тщательной оценки безопасности каждого пункта захоронения отходов, которая, наряду с прочими аспектами, используется с целью установления критериев приемлемости размещения отходов для каждого пункта захоронения. Тем не менее схема классификации отходов обеспечивает признанную на международном уровне систему координат и облегчает обмен информацией между государствами по вопросам обращения с отходами, а также способна помочь при разработке национальных стратегий обращения с отходами.

2.8. В настоящем Руководстве по безопасности рассматриваются следующие классы отходов<sup>4</sup>:

- очень низкоактивные отходы (ОНАО): ОНАО образуются при эксплуатации и выводе из эксплуатации ядерных установок, при добыче или переработке руд и полезных ископаемых, а также в результате применения радиоактивных веществ в научных исследованиях, медицине и образовании. ОНАО обладают концентрацией активности, превышающей уровень, необходимые для освобождения материала от регулирующего контроля. Для безопасного обращения с ОНАО необходимо соблюдение определенных мер радиационной защиты, но эти меры носят очень ограниченный характер по сравнению с теми, которые требуются при обращении с радиоактивными отходами с более высокими концентрациями активности, относящимися к классам, описанным ниже;
- низкоактивные отходы (НАО): НАО пригодны для приповерхностного захоронения, к ним относится весьма широкий диапазон радиоактивных отходов — от радиоактивных отходов, уровень активности которых чуть выше уровня активности ОНАО, до радиоактивных отходов с уровнями активности, требующими экранирования, удержания и изоляции в течение сроков продолжительностью до нескольких сотен лет. В НАО могут присутствовать низкие концентрации долгоживущих радионуклидов, но их допустимые концентрации ограничены периодом времени, в течение которого приповерхностное захоронение может обеспечивать изоляцию отходов и, в частности, может в достаточной степени снизить вероятность непреднамеренного проникновения человека в пункт посредством ведомственного контроля;
- среднеактивные отходы (САО): САО содержат долгоживущие радионуклиды в количествах, которые требуют более строгих (т. е. более длительных) мер по их удержанию и изоляции от биосферы, чем это может быть обеспечено при приповерхностном захоронении. С точки зрения конкретного уровня концентрации активности невозможно четко провести разграничение между НАО и САО, поскольку допустимые уровни зависят от особенностей конкретного пункта захоронения отходов;

---

<sup>4</sup> Далее в настоящем Руководстве по безопасности не рассматриваются очень короткоживущие и изъятые из-под контроля отходы, поскольку для них не требуются специализированные пункты захоронения радиоактивных отходов.

— высокоактивные отходы (ВАО): ВАО содержат более высокие концентрации радионуклидов, чем САО, и выделяют значительное количество тепла в процессе реакции радиоактивного распада. Вследствие высоких концентраций долгоживущих радионуклидов значительное выделение тепла может продолжаться в течение нескольких столетий. ВАО могут включать отработавшее ядерное топливо, если оно было отнесено к категории отходов, остеклованные отходы переработки отработавшего ядерного топлива и любые другие отходы, требующие сопоставимых степеней удержания и изоляции.

2.9. «Термин "захоронение" относится к размещению радиоактивных отходов в установку или место нахождения без намерения их последующего извлечения... Варианты захоронения предназначаются для удержания отходов посредством использования пассивных инженерно-технических и природных средств и их изоляции от доступной биосферы в той степени, в какой эта необходимость определяется соответствующей угрозой. Термин "захоронение" подразумевает, что последующее извлечение не предполагается; это не означает, однако, что такое извлечение является невозможным. Термин "хранение", напротив, относится к содержанию радиоактивных отходов в установке или месте нахождения с намерением их последующего извлечения. Оба варианта, захоронение и хранение, предназначены удерживать отходы и изолировать их, в необходимой степени, от доступной биосферы. Важное различие состоит в том, что хранение является временной мерой, после чего планируется осуществить определенные будущие действия. Это может включать дальнейшее кондиционирование или упаковку отходов и, в конечном итоге, их захоронение» (пункты 1.8 и 1.9 публикации [2]).

2.10. Разработка пункта захоронения, как правило, предусматривает реализацию обширной программы научно-исследовательских, проектно-конструкторских и оценочных работ, которая может длиться несколько лет или даже десятилетий. После создания пункт захоронения отходов может эксплуатироваться еще несколько десятилетий. Срок службы пункта захоронения радиоактивных отходов может быть разделен на три периода: предэксплуатационный период, период эксплуатации и период после закрытия:

— виды деятельности, обычно осуществляемые в предэксплуатационный период, включают разработку концепции захоронения и стратегии безопасности, оценку площадки (выбор, верификацию и

подтверждение пригодности), оценку воздействия на окружающую среду<sup>5</sup>, первоначальные проектные исследования пункта захоронения, разработку планов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, мониторинга, а также разработку подробного проекта пункта. В этот период также осуществляются лицензирование и строительство пункта захоронения;

- период эксплуатации начинается с момента первого поступления на пункт отходов и продолжается до окончательного закрытия всех частей пункта. В этот период в результате деятельности по обращению с отходами может происходить облучение, подлежащее регулируемому контролю в соответствии с требованиями в отношении радиационной защиты и безопасности работников. Для обоснования управленческих решений относительно эксплуатации и закрытия пункта следует использовать программы оценки безопасности, радиационного мониторинга, научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ. В период эксплуатации строительные работы могут проводиться одновременно с размещением отходов в других частях пункта и закрытием других частей;
- период после закрытия начинается после закрытия пункта. После закрытия период ведомственного контроля может способствовать повышению безопасности определенных пунктов захоронения (в частности, пунктов приповерхностного захоронения). Меры ведомственного контроля могут носить активный или пассивный характер. Примерами активных мер ведомственного контроля являются мониторинг концентраций радионуклидов в окружающей среде или мониторинг функциональной эффективности и целостности барьеров, в частности в случае приповерхностных пунктов захоронения. Меры технического обслуживания в период после закрытия (например, ремонт покрывающих экранов в случае приповерхностного захоронения) также подпадают под эту категорию. Другие меры ведомственного контроля могут носить пассивный характер. Например, они могут заключаться в обеспечении ведения документации в пункте захоронения отходов и введении ограничений на землепользование. Государства могут предъявлять особые требования в отношении максимального срока, в течение

---

<sup>5</sup> Данный термин используется здесь в широком смысле. В некоторых государствах термин «оценка воздействия на окружающую среду» отражает определенный процесс, охватывающий все потенциальные воздействия проекта с целью получения его одобрения от всех соответствующих компетентных органов и зачастую предполагающий участие общественности.

которого такие меры контроля могут использоваться в обосновании безопасности. Поскольку функционирование таких мер контроля не может быть гарантировано, при обеспечения безопасности нельзя полагаться исключительно на такие меры контроля. Тем не менее они могут являться важным элементом глубокоэшелонированной защиты.

### **3. ПРИНЦИПЫ БЕЗОПАСНОСТИ И ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ**

3.1. В данном разделе перечислены основные принципы и требования, которые необходимо учитывать при подготовке обоснования безопасности и вспомогательной оценки безопасности.

#### **ПРИНЦИПЫ БЕЗОПАСНОСТИ**

3.2. Принципы безопасности, применяемые при обращении с радиоактивными отходами, изложены в публикации МАГАТЭ «Основополагающие принципы безопасности» [1]:

- Принцип 1. Ответственность за обеспечение безопасности
- Принцип 2. Роль правительства
- Принцип 3. Руководство и управление в интересах обеспечения безопасности
- Принцип 4. Обоснование установок и деятельности
- Принцип 5. Оптимизация защиты
- Принцип 6. Ограничение рисков в отношении физических лиц
- Принцип 7. Защита нынешнего и будущих поколений
- Принцип 8. Предотвращение аварий
- Принцип 9. Аварийная готовность и реагирование
- Принцип 10. Защитные меры по уменьшению имеющихся или нерегулируемых радиационных рисков

3.3. Многие принципы безопасности отражают некоторые основные элементы статьи 1 Объединенной конвенции о безопасности обращения с отработавшим топливом и о безопасности обращения с радиоактивными отходами [18]. Соответствующие требования радиационной защиты изложены в публикации «Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards» («Радиационная защита

и безопасность источников излучения: международные основные нормы безопасности») [19]. Многие концепции защиты, изложенные в публикациях [18, 19], были приняты на основании рекомендаций Международной комиссии по радиологической защите [20–24].

## ТРЕБОВАНИЯ К ОБОСНОВАНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ И ОЦЕНКЕ БЕЗОПАСНОСТИ

3.4. В следующих ниже пунктах изложены основные требования в публикациях [2, 3], имеющие отношение к подготовке, обновлению/поддержанию актуальности и применению обоснования безопасности. Другие требования, приведенные в публикациях [2, 3], рассмотрены в следующих разделах настоящего Руководства по безопасности.

### **Ответственность за разработку обоснования безопасности и оценки безопасности**

3.5. «Ответственность за проведение оценки безопасности должно нести ответственное юридическое лицо, т. е. лицо или организация, которые отвечают за установку или деятельность» (требование 3, публикация [3]).

3.6. Для пунктов захоронения:

«Оператор должен проводить оценку безопасности и разработать и поддерживать обоснование безопасности, а также должен осуществлять все необходимые виды деятельности по выбору и оценке площадки для установки, ее проектированию, строительству, эксплуатации, закрытию и, при необходимости, наблюдению после закрытия, в соответствии с национальной стратегией, регулирующими требованиями и в рамках юридической и регулирующей инфраструктуры» (требование 3, публикация [2]).

3.7. «Регулирующий орган должен устанавливать регулирующие требования применительно к разработке различных типов установок для захоронения радиоактивных отходов и должен вводить процедуры соблюдения требований на различных этапах процесса лицензирования. Он должен также устанавливать условия для разработки, эксплуатации и закрытия каждой отдельной установки для захоронения и должен выполнять деятельность, необходимую

для обеспечения соблюдения этих условий» (требование 2, публикация [2]).

Оператор должен будет учитывать эти регулирующие требования и условия при проведении оценки безопасности и подготовке обоснования безопасности.

### **Требования к обоснованию безопасности**

3.8. К обоснованию безопасности на этапах разработки, эксплуатации и закрытия пункта захоронения предъявляются следующие требования:

- «подготовка и обновление обоснования безопасности и вспомогательной оценки безопасности должны осуществляться оператором при необходимости на каждом этапе разработки, эксплуатации и закрытия установки для захоронения (пункта захоронения). Обоснование безопасности и вспомогательная оценка безопасности должны быть представлены регулирующему органу для одобрения. Обоснование безопасности и вспомогательная оценка безопасности должны быть достаточно детализированными и всеобъемлющими, с тем чтобы обеспечивать необходимый технический вклад в информирование регулирующего органа и информирование при принятии решений, необходимых на каждом этапе» (требование 12, публикация [2]);
- «характеристики площадки для установки для захоронения должны быть определены на уровне детализации, достаточном для поддержки общего понимания как характеристик площадки, так и результатов ее эволюции со временем. Это должно включать описание ее современного состояния, ее вероятной естественной эволюции, возможных природных явлений, а также планов и действий человека на близлежащей территории, которые могут оказать воздействие на безопасность установки в течение периода, представляющего интерес. Это должно также включать конкретное понимание воздействия на безопасность характеристик, событий и процессов, связанных с площадкой и установкой» (требование 15, публикация [2]);
- «установка для захоронения должна сооружаться в соответствии с проектом, как изложено в утвержденном обосновании безопасности и вспомогательной оценке безопасности. Она должна сооружаться таким образом, чтобы сохранялись функции безопасности вмещающей среды, важность которых для обеспечения безопасности после

закрытия установки была подтверждена в обосновании безопасности» (требование 17, публикация [2]);

- «установка для захоронения должна эксплуатироваться в соответствии с условиями лицензии и соответствующими регулирующими требованиями с целью обеспечения безопасности в течение эксплуатационного периода и таким образом, чтобы после закрытия установки сохранялись важные для безопасности функции, предусмотренные в обосновании безопасности» (требование 18, публикация [2]);
- «установки для захоронения радиоактивных отходов должны разрабатываться, эксплуатироваться и закрываться поэтапно. Каждый из этих этапов должен поддерживаться, при необходимости, итеративными оценками площадки, вариантов конструкции, строительства, эксплуатации и управления, а также функционирования и безопасности системы захоронения» (требование 11, публикация [2]);
- «закрытие установки для захоронения должно осуществляться таким образом, чтобы обеспечивались функции безопасности, предусмотренные в обосновании безопасности как важные в период после закрытия установки. Планы закрытия, включая отход от активного управления установкой, должны быть четко определены и практически осуществимыми, так чтобы закрытие установки можно было безопасно провести в соответствующее время» (требование 19, публикация [2]);
- «обоснование безопасности установки для захоронения должно содержать описание всех соответствующих аспектов безопасности площадки, конструкции установки, а также управленческих мер и мер регулирующего контроля. Обоснование безопасности и связанная с ним вспомогательная оценка безопасности должны показывать уровень обеспечиваемой защиты людей и окружающей среды и обеспечивать уверенность регулирующего органа и других заинтересованных сторон в том, что требования безопасности будут выполнены» (требование 13, публикация [2]).

3.9. В отношении всех установок и видов деятельности, в том числе и пунктов захоронения, применяется следующее требование: «Оценка глубоководной защиты должна устанавливаться,

были ли предусмотрены надлежащие средства на каждом из уровней глубокоэшелонированной защиты» (требование 13, публикация [3]). Ниже приведено объяснение сущности этого требования:

«При проведении оценки безопасности требуется определять, была ли обеспечена в соответствующих случаях надлежащая глубокоэшелонированная защита посредством сочетания нескольких уровней защиты (т. е. физических барьеров, систем защиты барьеров и административных процедур), которые должны быть нарушены или преодолены, прежде чем могут возникнуть какие-либо последствия для населения или окружающей среды» (пункт 4.12 публикации [3]).

### **Требования к оценке безопасности**

3.10. Ниже приведены требования к оценке безопасности:

- «оценку безопасности необходимо проводить на стадии проектирования новой установки или деятельности или на самом раннем этапе жизненного цикла существующей установки или деятельности. В отношении установок или видов деятельности, эксплуатация и осуществление которых продолжается в течение длительных периодов времени, оценку безопасности при необходимости следует обновлять на всех стадиях жизненного цикла установки или деятельности с целью учета возможных изменений обстоятельств (таких как применение новых норм или новых научно-технических разработок), изменений характеристик площадки, модификаций проекта или эксплуатации, а также эффектов старения» (пункт 4.6 публикации [3]);
- «главные цели оценки безопасности состоят в том, чтобы определить, достигнут ли надлежащий уровень безопасности установки или деятельности и реализованы ли основные задачи и критерии обеспечения безопасности, установленные проектной, эксплуатирующей организацией и регулирующим органом в соответствии с требованиями радиационной защиты и безопасности, изложенными в публикации "Радиационная защита и безопасность"

источников излучения: международные основные нормы безопасности..."» (требование 4, публикация [3])<sup>6, 7</sup>;

- «в рамках оценки безопасности рассматриваются все радиационные риски, которые связаны с нормальной эксплуатацией (т. е. когда эксплуатация установки или осуществление деятельности происходит нормальным образом) и ожидаемыми при эксплуатации событиями и аварийными условиями (в которых произошли отказы или внутренние или внешние события, угрожающие безопасности установки или деятельности). В рамках оценки безопасности ожидаемых при эксплуатации событий и аварийных условий также необходимо рассматривать отказы, которые могут произойти, и последствия любых отказов» (пункт 4.5 публикации [3]);
- «в ходе оценки безопасности надлежит определять, были ли приняты надлежащие меры для контроля радиационных рисков на приемлемом уровне. Требуется определять, выполняют ли конструкции, системы и элементы и барьеры, включенные в проект, требующиеся функции безопасности. Необходимо определять также, были ли приняты надлежащие меры для предотвращения ожидаемых при эксплуатации событий и аварийных условий и могут ли быть смягчены любые радиологические последствия, если аварии все-таки будут иметь место» (пункт 4.9 публикации [3]);
- «при проведении оценки безопасности рассматриваются все радиационные риски, которым подвергаются отдельные лица и группы населения в результате эксплуатации установки или осуществления деятельности. К ним относятся местное население, а также жители районов, географически удаленных от установки или места осуществления деятельности, с которыми связаны радиационные риски, в том числе группы населения в других государствах» (пункт 4.10 публикации [3]);
- «в рамках оценки безопасности рассматриваются радиационные риски, существующие в настоящее время и могущие появиться в долгосрочной перспективе. Это особенно важно применительно

---

<sup>6</sup> Действующим изданием Международных основных норм безопасности является публикация [19].

<sup>7</sup> Признается, что дозы облучения отдельных лиц в будущем, в том числе дозы, которые могут быть получены после прекращения институционального управления пунктом захоронения отходов, могут представлять собой только оценки. «Тем не менее оценки возможных доз и рисков, охватывающие длительные периоды времени, могут выполняться и могут использоваться в качестве индикаторов для проведения сравнений с критериями безопасности» (пункт А.4 публикации [2]).

к таким видам деятельности, как обращение с радиоактивными отходами, которое может иметь последствия для многих поколений» (пункт 4.11 публикации [3]);

- «оценка безопасности включает анализ безопасности, состоящий из ряда различных количественных анализов, проводимых с целью определения и оценки связанных с безопасностью проблем путем применения детерминистических и вероятностных методов. Сфера охвата и степень детализации анализа безопасности определяются путем применения дифференцированного подхода, как указано в разделе 3. Определение сферы охвата и степени детализации анализа безопасности является неотъемлемой частью оценки безопасности» (пункт 4.13 публикации [3]).

### **Поддержание актуальности оценки безопасности**

3.11. В отношении поддержания актуальности оценки безопасности:

«периодичность обновления оценок безопасности обуславливается радиационными рисками, связанными с данной установкой или деятельностью, а также масштабами изменений, вносимых в установку или деятельность. Как минимум, оценка безопасности должна обновляться при периодическом рассмотрении безопасности, проводимом с заранее определенными промежутками в соответствии с регулируемыми требованиями. Продолжение эксплуатации таких установок или осуществления таких видов деятельности зависит от способности подтвердить в ходе повторной оценки, к удовлетворению эксплуатирующей организации и регулирующего органа, то, что действующие меры безопасности по-прежнему остаются на надлежащем уровне» (пункт 4.8 публикации [3]).

3.12. Более того:

«при обновлении оценки безопасности учитывается также опыт эксплуатации, в том числе данные об ожидаемых при эксплуатации событиях и аварийных условиях и событиях — предшественниках аварии, в отношении как самой установки или деятельности, так и аналогичных установок или видов деятельности» (пункт 4.7 публикации [3]).

3.13. Конкретно в отношении пунктов захоронения отходов к обновлению оценки безопасности применяются следующие требования:

- «оценка безопасности для поддержки обоснования безопасности должна выполняться и обновляться на всех этапах разработки и эксплуатации установки для захоронения и по мере поступления уточненных данных о площадке. Оценка безопасности должна служить вкладом в текущий процесс принятия решений оператором. Такое принятие решений может быть связано с тематикой научных исследований, развитием потенциала оценки, ассигнованием ресурсов и разработкой критериев приемлемости отходов» (пункт 4.13 публикации [2]);
- «оператор должен принимать решения относительно сроков и уровня детализации оценки безопасности в консультации с регулирующим органом и при условии получения утверждения от него» (пункт 4.14 публикации [2]).

### **Документирование обоснования безопасности**

3.14. В отношении документирования обоснования безопасности:

«обоснование безопасности и вспомогательная оценка безопасности установки для захоронения должны документироваться на уровне детализации и качества, достаточном для информирования и поддержки решения, которое будет приниматься на каждом этапе, а также для проведения независимого рассмотрения обоснования безопасности и вспомогательной оценки безопасности» (требование 14, публикация [2]).

3.15. «Результаты и выводы оценки безопасности необходимо надлежащим образом документировать в виде доклада по безопасности, в котором отражается сложность данной установки или деятельности и соответствующих радиационных рисков. Доклад по безопасности содержит оценки и анализы, проведенные с целью подтверждения того, что данная установка или деятельность соответствует основополагающим принципам безопасности и требованиям, сформулированным в публикации по требованиям безопасности, а также любым другим требованиям безопасности, установленным в национальных законах и регулирующих положениях» (пункт 4.62 публикации [3]).

## **Использование обоснования безопасности**

3.16. Приведенные ниже дополнительные требования, касающиеся использования результатов оценки безопасности, применяются конкретно в отношении пунктов захоронения:

- «упаковки отходов и неупакованные отходы, принимаемые для размещения на установке для захоронения, должны соответствовать критериям, которые полностью согласуются с обоснованием безопасности установки для захоронения во время эксплуатации и после закрытия, а также разработаны на его основе» (требование 20, публикация [2]);
- «для периода после закрытия установки должны готовиться планы, охватывающие вопросы ведомственного контроля и меры по обеспечению наличия информации об установке для захоронения. Эти планы должны соответствовать требованиям пассивных средств безопасности и должны быть частью обоснования безопасности, на основании которого выдается официальное разрешение на закрытие установки» (требование 22, публикация [2]).

3.17. «Результаты оценки безопасности должны использоваться для определения программы технического обслуживания, надзора и инспекций; для определения процедур, предусматриваемых для всей эксплуатационной деятельности, значимой для безопасности, и для реагирования на ожидаемые при эксплуатации события и аварии; для определения необходимой компетентности персонала, имеющего отношение к данной установке или деятельности, а также для принятия решений с использованием интегрированного, риск-информированного подхода» (требование 23, публикация [3]).

## **4. ОБОСНОВАНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ЗАХОРОНЕНИЯ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ**

4.1. В данном разделе определены и представлены руководящие материалы по элементам обоснования безопасности, его разработке и роли, которую оно играет при разработке, эксплуатации и закрытии пункта захоронения.

4.2. На рис. 2 представлены элементы обоснования безопасности, в число которых следует включать: контекст, стратегию безопасности; описание пункта захоронения; оценку безопасности; пределы, меры контроля и условия; итерацию и оптимизацию проекта; управление неопределенностями; и интеграцию аргументов, связанных с обеспечением безопасности.

4.3. Обоснование безопасности следует разрабатывать на основе концептуальной проработки пункта, причем обновление обоснования безопасности следует проводить в течение всего срока службы пункта до момента его закрытия и окончания срока действия лицензии. Требуется повсеместно применять системы менеджмента для обеспечения надлежащего качества выполнения всех работ, связанных с безопасностью, и требуется применять процесс регулирования, иллюстрация которого представлена на рис. 3. Следует создать механизмы, способствующие вовлечению всех заинтересованных сторон в процесс разработки и использования обоснования безопасности.

4.4. Оценка безопасности является основным элементом обоснования безопасности, и она включает анализ ряда аспектов, наглядно представленных на рис. 4. основополагающим элементом оценки безопасности является анализ радиологического воздействия пункта

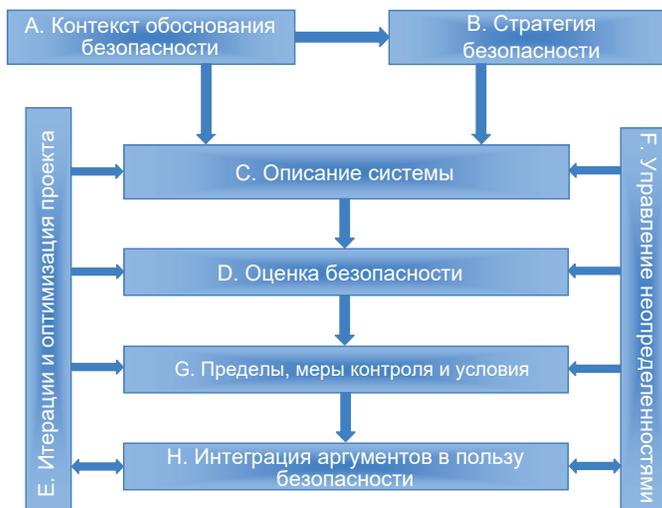


РИС. 2. Элементы обоснования безопасности.



РИС. 3. Применение системы менеджмента и процесс взаимодействия с регулирующим органом и заинтересованными сторонами.



РИС. 4. Аспекты, подлежащие рассмотрению в рамках оценки безопасности.

на людей и окружающую среду с точки зрения как доз облучения, так и радиационных рисков. Другими важными аспектами, анализируемыми в процессе оценки безопасности, являются аспекты, связанные с площадкой и инженерно-техническим проектированием, эксплуатационной безопасностью, нерадиологическими воздействиями и системой менеджмента. В пунктах 4.20–4.100 рассмотрены различные элементы обоснования безопасности.

4.5. Для большинства новых пунктов захоронения разработаны или разрабатываются отдельные элементы обоснования безопасности. Одним из преимуществ использования концепции обоснования безопасности является обеспечение структурированной основы для сводного документирования и представления всей информации, связанной с безопасностью пункта захоронения.

## РОЛЬ И РАЗРАБОТКА ОБОСНОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

4.6. В соответствии с требованиями, изложенными в публикации [2] (см. пункт 3.8) обоснование безопасности требуется разрабатывать с целью рассмотрения вопросов безопасности в процессе эксплуатации пункта захоронения и после его закрытия. В настоящем Руководстве по безопасности основное внимание уделено вопросам обеспечения безопасности в период после закрытия пункта захоронения, и в нем изложены руководящие материалы в отношении роли и элементов обоснования безопасности, необходимых для представления всех аргументов, а также вспомогательной оценки безопасности, анализа и доказательств, демонстрирующих безопасность пункта захоронения. В этой связи следует предусматривать, чтобы роль обоснования безопасности заключалась в обеспечении:

- сведения воедино всей имеющей отношение к поставленной задаче информации в структурированной, прослеживаемой и транспарентной форме, что дает возможность продемонстрировать понимание поведения системы захоронения и ее функциональной эффективности в период после закрытия пункта захоронения;
- выявления неопределенностей в поведении и функциональной эффективности системы захоронения, анализа значимости выявленных неопределенностей, а также выявления подходов к управлению наиболее значимыми неопределенностями;
- демонстрации безопасности в долгосрочной перспективе путем формирования разумной уверенности в том, что пункт захоронения будет функционировать таким образом, чтобы обеспечивалась защита здоровья человека и охрана окружающей среды;
- поддержки процесса принятия решений при использовании поэтапного подхода к разработке пункта захоронения;
- содействия информационному взаимодействию и контактам между заинтересованными сторонами по вопросам, связанным с пунктом захоронения.

4.7. Как отмечено в пункте 2.10, разработка пункта захоронения осуществляется поэтапно. Следует предусматривать, чтобы принятый поэтапный подход обеспечивал возможность:

- систематического сбора и оценки необходимых научно-технических данных;
- оценки потенциальных площадок;
- разработки концепций захоронения;
- проведения итеративных исследований для оценки проекта и безопасности с использованием постепенно улучшающихся данных;
- учета замечаний по результатам рассмотрений, проведенных техническими экспертами и регулирующим органом;
- проведения консультаций с общественностью по конкретным вопросам, требующим принятия решений;
- вовлечения политических сил.

Точный порядок действий следует определять на основе сведений о типе пункта захоронения и национальной практике.

4.8. К разработке обоснования безопасности следует приступать в самом начале реализации проекта и следует продолжать эту работу на протяжении всех этапов разработки и эксплуатации пункта вплоть до его закрытия и истечения срока действия лицензии. Кроме того, обоснование безопасности следует использовать на всех этапах в качестве руководства в процессе выбора площадки, при проектировании пункта, проведении экскавационных и строительных работ, эксплуатации пункта и его закрытии. Его следует использовать для определения потребностей в проведении научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, определения и установления пределов, мер контроля и условий на различных этапах, причем прежде всего с целью обеспечения основы для осуществления процесса лицензирования. Оно также будет основным средством коммуникации с заинтересованными сторонами, т. е. предоставления им разъяснений по поводу мер безопасности и того, каким образом будет обеспечен разумный уровень безопасности.

4.9. Способы разработки обоснования безопасности могут различаться, а его содержание в значительной мере зависит от особенностей законодательных и регулирующих требований в конкретном государстве, а также вопросов, вызывающих беспокойство на местном уровне. Хотя в некоторых государствах термин «обоснование безопасности» не

используется, в этих государствах в целях демонстрации безопасности, по сути, используются подходы и процессы, аналогичные концепции обоснования безопасности.

4.10. В соответствии с требованиями, изложенными в публикации [2], разработку обоснования безопасности следует производить с использованием итеративного процесса, который развивается по мере разработки пункта захоронения. Согласно публикации [2] уровень формализованности и технической детализации обоснования безопасности будет зависеть от стадии разработки проекта, уже принятых решений и конкретных национальных требований. Поэтапный подход, принятый для процесса разработки пунктов захоронения, служит основой для принятия решений в отношении выбора площадки, проектирования, проведения экскавационных и строительных работ, эксплуатации и закрытия пунктов захоронения, и следует обеспечивать, чтобы он позволял выявлять вопросы, которым следует уделять особое внимание в целях углубления понимания аспектов, влияющих на безопасность системы захоронения, и/или уменьшения остающихся неопределенностей путем реализации соответствующих проектных решений.

4.11. При разработке обоснования безопасности следует выявлять и хорошо понимать потребности основных сторон, которые будут рассматривать, использовать и утверждать обоснование безопасности (например, правительства, регулирующего органа и заинтересованных сторон); такие потребности будут зависеть от ситуации на местном и национальном уровнях. Оператор пункта несет ответственность за разработку обоснования безопасности, включая вспомогательную оценку безопасности, и будет необходимо, чтобы способ представления обоснования безопасности и оценки безопасности удовлетворял потребностям всех заинтересованных сторон. По мере возможности посредством информационного взаимодействия следует достигать предварительного согласия с этими сторонами относительно того, что должно быть соответствующим образом включено, подвергнуто оценке и рассчитано для каждого этапа разработки пункта и для относительного уровня опасности, связанной с пунктом. Например, ожидания заинтересованных сторон в отношении представления и интерпретации результатов оценки безопасности могут возрастать по мере приближения момента принятия решения о выдаче лицензии.

4.12. Следует предусматривать, чтобы поэтапный подход наряду с рассмотрением номенклатуры проектных решений и вариантов эксплуатации пункта захоронения обеспечивал необходимую гибкость в

части учета появляющихся новой научной или технической информации и разработок в области обращения с отходами и технологий материалов. Кроме того, при его осуществлении следует учитывать социальные, экономические и политические аспекты. Подход может также включать варианты возвращения вспять конкретного этапа разработки пункта захоронения и извлечения отходов после их размещения, если такие действия признаются целесообразными.

4.13. При реализации поэтапного подхода следует обеспечивать постоянный рост научного понимания системы захоронения и проекта пункта захоронения, а в обосновании безопасности все больше внимания следует уделять ключевым проблемным областям. При этом следует обеспечивать, чтобы росло не только понимание научных аспектов, но также и понимание важных факторов, способствующих возникновению риска. На каждом этапе (т. е. в каждой точке принятия ключевых решений) оценку безопасности следует выполнять таким образом, чтобы иметь возможность произвести анализ текущего уровня понимания системы захоронения и связанных с ней неопределенностей до принятия решения о переходе к следующему этапу. Обоснование безопасности и вспомогательную оценку безопасности следует рассматривать и обновлять перед принятием каждого ключевого решения с необходимой периодичностью, позволяющей учесть фактический опыт и растущие знания (например, знания, полученные в результате научных исследований), с учетом эксплуатационных аспектов, которые важны с точки зрения обеспечения безопасности в долгосрочной перспективе. После начала эксплуатации пункта захоронения пересмотр или обновление обоснования безопасности и вспомогательной оценки безопасности следует производить при выявлении существенных изменений в практике ведения эксплуатации, формах отходов, проекте и т. п.

4.14. Изменения, вносимые в обоснование безопасности и вспомогательную оценку безопасности при переходе от одной итерации к следующей, следует документировать, с тем чтобы обеспечивать их прозрачность для заинтересованных сторон (например, объяснение новых данных или причин изменения аспектов концептуальной или математической модели). В этом отношении важно не создать впечатление, что материалами оценки манипулируют с целью получения более благоприятных результатов.

4.15. Регулирующему органу следует указывать типы и/или масштабы изменений и сроки, по истечении которых требуется обновление. Типичные периоды составляют от пяти до десяти лет с учетом таких факторов, как доступность новой информации, значительные изменения, внесенные в

проект или процесс эксплуатации, текучесть кадров и обучение персонала, углубление знаний и достижения в области вычислительной техники.

4.16. В процессе отбора площадки необходимо будет делать ряд допущений относительно подробных характеристик площадки и проекта пункта захоронения, и поэтому оценка безопасности обеспечит лишь предварительный анализ функционирования пункта захоронения. Это приемлемо, поскольку роль обоснования безопасности на этой стадии заключается только в том, чтобы определить принципиальную пригодность площадки для размещения на ней пункта захоронения. На последующих стадиях будет необходима более детализированная информация о конкретной площадке и более подробная проработка проекта, с тем чтобы обеспечить возможность более подробного рассмотрения в обосновании безопасности вопросов, связанных с эксплуатацией и долгосрочным функционированием.

4.17. Пересмотр обоснования безопасности на каждом этапе следует производить на основе обновленных знаний о пункте захоронения и его эволюции, включая данные о произошедших событиях, поступивших отходах и т. п. Кроме того, важно, чтобы обоснование безопасности, разработанное для каждого этапа срока службы пункта захоронения, содержало достаточно углубленную информацию и оценку в поддержку требуемых решений.

4.18. Следует обеспечивать, чтобы к концу срока службы пункта захоронения обоснование безопасности содержало всю информацию, которую надлежит передать будущим поколениям (например, об основаниях для ведения ведомственного контроля).

4.19. Следует учитывать, что разные пункты захоронения будут использоваться для размещения различных видов радиоактивных отходов с разными уровнями потенциальной опасности. Принцип 3 (в пункте 3.15) в публикации [1] гласит: «В соответствии с дифференцированным подходом следует оценивать безопасность всех установок и видов деятельности». Далее это положение раскрывается в принципе 5: «Ресурсы, выделяемые лицензиатом на обеспечение безопасности, сфера действия и строгость правил и их применение должны быть соразмерны с масштабами радиационных рисков и возможностью их контролировать» (пункт 3.24 публикации [1]). И, как следствие этого: «Масштабы и сложность такой оценки будут варьироваться в зависимости от типа установки и будут связаны с потенциальной опасностью отходов» (пункт 1.24 публикации [2]). Более

того, уровень детализации информации, предоставляемой в рамках оценки безопасности, выполняемой для каждого этапа разработки и эксплуатации пункта захоронения, будет различаться в зависимости от уровня рисков. Как следствие использования итеративного подхода к разработке обоснования безопасности, следует обеспечивать соразмерность относительной важности аргументов, включенных в обоснование безопасности, и уровня их критического рассмотрения регулирующим органом и другими заинтересованными сторонами (который может меняться с течением времени) и потенциальной опасности. Более подробные руководящие материалы по вопросу применения дифференцированного подхода к разработке обоснования безопасности приведены в пунктах 6.23–6.28.

## ЭЛЕМЕНТЫ ОБОСНОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

### **Контекст обоснования безопасности**

#### *Цель обоснования безопасности*

4.20. Как указано в пункте 4.13, обоснование безопасности дорабатывается по мере реализации проекта и используется в качестве основы для принятия решений как регулирующего характера, так и других решений, касающихся, например, проектирования, вспомогательных научно-исследовательских разработок или деятельности по характеристике площадки. Следует четко устанавливать контекст выпуска каждого нового пересмотренного варианта обоснования безопасности и по мере необходимости его следует соответствующим образом обновлять для подготовки последующих пересмотренных вариантов обоснования безопасности.

4.21. Цель каждого нового пересмотра обоснования безопасности определяется рядом факторов, таких как стадия разработки пункта захоронения и возможная необходимость представить обоснование безопасности на рассмотрение регулирующему органу в рамках официальной процедуры лицензирования или с целью получения указаний от регулирующего органа. Для каждого нового пересмотренного варианта обоснования безопасности оператору следует предоставлять четкое описание цели его подготовки, которая в зависимости от стадии разработки пункта захоронения может включать:

- апробирование первоначальных представлений, использованных в концепциях безопасности;

- отбор площадки;
- демонстрацию безопасности пункта захоронения;
- оптимизацию проекта пункта захоронения;
- выявление вопросов, связанных с безопасностью, которые необходимо рассмотреть в ходе реализации программ научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ;
- установление или пересмотр пределов, мер контроля и условий, таких как критерии приемлемости отходов;
- оценку максимального количества отходов, которое может быть подвергнуто захоронению («радиологической емкости» пункта);
- обоснование продолжительности ведомственного контроля;
- исходные данные для программ мониторинга и сбора данных;
- периодическую переоценку в соответствии с требованиями законодательства или регулирующего органа;
- заявку на расширение или модернизацию пункта или размещение на его площадке новых технических сооружений или установок по обращению с радиоактивными отходами;
- закрытие пункта в соответствии с плановым истечением срока службы или в связи с несоблюдением регулирующих положений;
- заявку на повторное открытие пункта после его закрытия вследствие несоблюдения требований или по другим причинам;
- принятие решения о необходимости проведения восстановительных мероприятий.

### *Демонстрация безопасности*

4.22. Подход к демонстрации безопасности связан с целями безопасности и принципами безопасности, которые должны применяться, и с регулируемыми требованиями, которые должны быть выполнены. Цели безопасности и принципы безопасности могут устанавливаться регулирующим органом, и следует обеспечивать, чтобы они учитывали цель безопасности, сформулированную в пункте 2.15 публикации [2]:

«Цель безопасности состоит в выборе площадки, проектировании, сооружении, эксплуатации и закрытии установки для захоронения, с тем чтобы защита после ее закрытия была оптимизирована с учетом социальных и экономических факторов. Следует обеспечить также обоснованную уверенность в том, что дозы и риски для лиц из состава населения в долгосрочной перспективе не будут превышать граничных доз или обусловленных риском ограничений, которые были использованы в качестве проектных критериев».

Следует обеспечивать, чтобы применяемые принципы безопасности соответствовали принципам безопасности, сформулированным в публикации [1], в частности, принципу 7 о защите нынешнего и будущих поколений: «Нынешние и будущие население и окружающая среда должны быть защищены от радиационных рисков». Критерии регулирования будут устанавливаться регулирующим органом, и, как минимум, должны быть направлены на ограничение дозы облучения и риска для работников и населения (как нынешнего, так и будущих поколений), а также на охрану окружающей среды. Они должны охватывать нормальную эволюцию пункта и возмущающие события как природного, так и антропогенного характера, например проникновение человека на пункт захоронения. Согласованные на международном уровне критерии, учитывающие данные аспекты, изложены в публикации [2].

4.23. Помимо количественных критериев регулирующему органу следует установить качественные критерии, а также подготовить руководящие материалы о том, как следует демонстрировать соблюдение этих критериев. Следует предусматривать, чтобы эти критерии охватывали все требования в публикации [2] с целью обеспечения того, чтобы пункт захоронения соответствовал требованиям.

4.24. В подходе к демонстрации безопасности следует также четко определять, как управление неопределенностями будет рассматриваться в обосновании безопасности. Как минимум, следует установить способ выявления неопределенностей и их характеристики, а также подход к управлению ими. Конкретные рекомендации по управлению неопределенностями представлены в разделе 5.

#### *Дифференцированный подход*

4.25. К дифференцированному подходу следует прибегать при определении сферы охвата, степени и уровня детализации обоснования безопасности и вспомогательной оценки безопасности [2, 3]. Следует объяснять и обосновывать принятый дифференцированный подход и следует обеспечивать, чтобы он был таким, чтобы сфера охвата, степень и уровень детализации обоснования и вспомогательной оценки безопасности были соразмерны уровню рисков, создаваемых определенным пунктом или деятельностью, а также стадией разработки пункта; например, обобщенные концепции захоронения, которые рассматриваются в период до отбора площадки, можно рассматривать менее детально, чем концепции, разработанные для конкретной площадки и пункта захоронения. В

соответствии с положениями, изложенными в публикации [3], в рамках дифференцированного подхода следует рассматривать три аспекта: уровень возможных радиационных рисков, степень готовности и сложность пункта захоронения. Дополнительные руководящие материалы по применению этих критериев для пунктов захоронения отходов представлены в пунктах 6.23–6.28.

### **Стратегия безопасности**

4.26. Ключевым аспектом разработки обоснования безопасности является принятие и разработка стратегии безопасности уже на самом раннем этапе. В публикациях [22, 25] стратегия безопасности объясняется как высокоуровневый интегрированный подход, принятый для обеспечения безопасного захоронения радиоактивных отходов. Согласно публикации [25], в стратегию безопасности следует включать общую стратегию управления различными видами деятельности, требуемыми при планировании, эксплуатации и закрытии пункта захоронения, включая выбор площадки и проектирование, разработку обоснования безопасности, оценку безопасности, характеризацию площадки, характеризацию форм отходов, а также научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы.

4.27. Стратегия безопасности представляет собой подход, который будет применяться при отборе площадки и проектировании пункта захоронения для достижения целей и соблюдения принципов и критериев безопасности, выполнения регулирующих требований и обеспечения принятия надлежащей инженерно-технической практики, а также оптимизации безопасности и защиты. Эту стратегию следует сформировать на ранней стадии концептуальной проработки пункта захоронения. На ранних стадиях возможны доработка и совершенствование стратегии, однако ее следует определять на как можно более ранней стадии. Следует предусматривать, чтобы к моменту отбора площадки концепция осуществления стратегии была достаточно хорошо разработана, с тем чтобы гарантировать уверенность в том, что общая система захоронения будет обеспечивать и сохранять функции безопасности, предусмотренные для пункта захоронения. По мере реализации проекта следует постоянно проводить валидацию стратегии безопасности, а обоснованность всех ее изменений следует подтверждать в обосновании безопасности. Изменения стратегии безопасности следует тщательно регистрировать, причем регистрационные записи следует сохранять для использования в будущем, когда, возможно, изменится кадровый состав.

4.28. В стратегии безопасности следует учитывать ряд ключевых элементов, а именно: обеспечение множественных функций безопасности и глубокоэшелонированной защиты, удержание и изоляцию отходов, использование пассивных средств безопасности, устойчивость системы захоронения, демонстрируемость средств и аспектов, связанных с безопасностью<sup>8</sup>, и взаимозависимости с практикой обращения с отходами перед их захоронением. В ней также следует учитывать подход, который будет принят в отношении управления неопределенностями, с тем чтобы обеспечить соблюдение подхода к обеспечению безопасности, изложенного в пункте 4.17.

4.29. В публикации [2] содержится требование об обеспечении множественных функций безопасности, с тем чтобы исключить чрезмерную зависимость безопасности от какой-либо одной функции безопасности и обеспечить возможность компенсации отказа одной функции безопасности путем осуществления других функций безопасности. Например, если на упаковку отходов возложена функция удержания и ее состояние ухудшается быстрее, чем предполагалось изначально, то окружающий ее материал засыпки служит еще одним элементом обеспечения физического удержания и за счет сорбции замедляет миграцию радионуклидов; или вмещающие геологические породы обеспечивают рассеивание радионуклидов. В стратегии безопасности следует описать предусмотренные функции безопасности, сроки, в течение которых обеспечивается их работоспособность, а также изложить, как деградация одного барьера будет компенсироваться другим механизмом или элементами системы захоронения. Кроме того, в стратегии безопасности следует рассмотреть способы демонстрации достаточности различных функций безопасности, например, с помощью оценки, проведения аналогий или испытаний и т. п. В этой стратегии следует указывать, как различные функции безопасности будут обеспечивать достаточную степень глубокоэшелонированной защиты. Достаточность глубокоэшелонированной защиты может быть выражена с использованием как качественных, так и количественных показателей.

4.30. В стратегии безопасности, наряду с описанием способа удержания радиоактивных отходов, следует предусматривать положения, описывающие, каким образом будет продемонстрирована достаточность удержания в соответствии с применяемым подходом к регулированию.

---

<sup>8</sup> Такая демонстрируемость может обеспечиваться посредством оценки, испытаний или другой физической демонстрации функциональной эффективности.

Следует указывать временные интервалы, в течение которых предусматривается выполнение функций удержания, а также предоставлять обоснование этих временных интервалов.

4.31. Концепция изоляции подразумевает два основных аспекта: физическое отделение отходов от доступной окружающей среды и обеспечение изоляции функций безопасности от возмущающих воздействий. В стратегии безопасности следует дать объяснение и обоснование того, как будут осуществлены эти два аспекта и каким образом будет продемонстрирована их адекватность в соответствии с подходом к регулированию.

4.32. Требуется, насколько это возможно, обеспечивать выполнение различных функций безопасности пассивными средствами пункта захоронения [2], и в стратегии безопасности следует дать пояснение и обоснование того, как это будет достигнуто. Кроме того, в ней следует указать и обосновать, в каких случаях предусмотрено использование активных мер или средств контроля и каким образом будет продемонстрировано, что можно полагаться на такие средства контроля, например, при проведении мониторинга или ведомственного контроля в период после закрытия.

4.33. В стратегии безопасности следует изложить, как будет обеспечена устойчивость<sup>9</sup> функций безопасности, а также как будет продемонстрирована достаточность такой устойчивости.

4.34. В стратегии безопасности следует дать пояснение, как будет продемонстрировано, что предполагаемый проект пункта может быть практически реализован. Сделать это можно путем физической демонстрации с использованием макетов установок или на площадке пункта захоронения, как на поверхности, так и под землей.

4.35. В стратегии безопасности следует изложить, каким образом будет продемонстрировано, что взаимозависимости с обращением с отходами перед их захоронением будут учтены с целью обеспечения совместимости

---

<sup>9</sup> Элемент системы захоронения может считаться устойчивым, если он продолжает выполнять ожидаемую функцию (ожидаемые функции) безопасности независимо от того, какого рода возмущения можно разумно ожидать. Система захоронения может считаться устойчивой, если она продолжает обеспечивать надлежащую защиту и безопасность в широком диапазоне условий и сценариев, возникновение которых можно обоснованно ожидать.

подлежащих захоронению отходов с проектом и эксплуатацией пункта захоронения.

4.36. Кроме того, в стратегии безопасности следует предусмотреть положения, касающиеся:

- степени осмотрительности при принятии решений и использовании различных способов обоснования;
- обоснования выбора определенной методики оценки, а также временных интервалов и временных окон для оценки, включая обсуждение различных подходов к оценке и инструментальных средств, которые будут использованы с целью проверки, подтверждения и сравнения результатов оценки;
- способов проведения независимых экспертиз;
- способов демонстрации соответствия международным руководящим материалам и практике;
- другой аргументации высокого уровня, при необходимости.

### **Описание системы захоронения**

4.37. В описание системы захоронения следует включать всю информацию и знания о системе захоронения и его следует использовать в качестве основы для проведения всей оценки безопасности. По мере реализации проекта и выполнения новых итераций оценки будет поступать новая информация и будут развиваться и совершенствоваться знания о системе захоронения. Знания, по мере их углубления, следует использовать для определения будущих потребностей характеристики системы и проектирования пункта. В описание системы, в зависимости от типа пункта захоронения, следует включать информацию:

- о ближней зоне, в том числе: i) видах отходов (например, происхождении, характере, объемах и свойствах отходов и их радионуклидном составе); ii) технических характеристиках системы (например, кондиционировании и упаковке отходов, местах захоронения, инженерно-технических барьерах, укрытии или покрывающем слое пункта захоронения, дренажных сооружениях); и iii) масштабах и свойствах зоны, затрагиваемой проведением экскавационных или строительных работ;
- о дальней зоне, например о геологии, гидрогеологии, гидрологии, геохимии, тектонических и сейсмических условиях, интенсивности эрозии;

- о биосфере, например климате и атмосфере, водных объектах, местном населении, деятельности человека, биоте, почвах, топографии, географической протяженности и местонахождении пункта захоронения.

4.38. В зависимости от типа пункта захоронения в описание системы захоронения следует включать:

- четкую спецификацию и описание элементов системы и их взаимодействия, а также связанных с ними неопределенностей;
- описание общей концепции безопасности и функций безопасности;
- описание того, каким образом элементы системы смогут продолжать выполнять свои проектные функции безопасности как при ожидаемой эволюции системы, так и в случае менее вероятных событий;
- обсуждение того, каким образом в проекте пункта захоронения учтены регулирующие и иные требования к элементам системы;
- описание радиологических, термических, гидравлических, механических, химических и биологических процессов, которые могут оказывать влияние на систему захоронения;
- описание возможных взаимодействий между различными элементами системы;
- описание того, как были учтены пространственная неоднородность отходов, а также связанные с ней неопределенности;
- описание возможных изменений во времени свойств и поведения элементов системы и их взаимодействий, включая то, каким образом может происходить их деградация или отказ, а также связанных с этим неопределенностей;
- описание возможных изменений окружающей среды и их влияния на элементы системы захоронения;
- описание возможных путей миграции радионуклидов как при ожидаемой эволюции системы, так и в случае менее вероятных событий.

4.39. В описании системы захоронения следует предоставлять информацию о данных, подкрепляющих оценки безопасности, в том числе:

- краткие сведения о том, каким образом система менеджмента будет обеспечивать качество всех использованных данных, связанных с безопасностью;
- перечень всех источников использованной информации (например, со ссылкой на измерения и отчеты);

- обоснование программы характеристики площадки (например, отбор проб, место отбора проб) — в программах сбора данных следует отражать выводы любой ранее проведенной оценки безопасности в отношении потребности в информации для выполнения последующей итерации оценки;
- описание методик, использованных для характеристики площадки и сбора данных мониторинга, а также неопределенностей, связанных с этими методиками и данными;
- описание способа оценки радионуклидного состава и неопределенностей, связанных с радионуклидным составом;
- любую информацию, использованную для улучшения понимания возможной будущей деятельности человека в регионе размещения пункта захоронения (например, о текущей хозяйственно-экономической деятельности в данной местности, записи о разведке полезных ископаемых).

4.40. Глубина и степень детализации информации, представляемой в описании, будут зависеть от типа пункта захоронения, и эта информация будет более обширной и сложной в случае пунктов, предназначенных для захоронения более значительных количеств отходов, содержащих более долгоживущие радионуклиды с большей активностью. Описание в случае пункта, предназначенного для захоронения очень низкоактивных отходов, будет не таким подробным и сложным, чем в случае пункта захоронения высокоактивных отходов. Действительная степень детализации и сложность в случае любого конкретного пункта определяется целым рядом факторов, в том числе количеством отходов, их конкретными характеристиками радиоактивности, особенностями и сложностью площадки размещения, а также соответствующими метеорологическими и гидрологическими характеристиками. Обоснование степени детализации и сложности описания следует представлять в качестве части обоснования безопасности и это следует согласовывать с регулирующим органом в рамках обсуждений, которые следует проводить при формировании концепции пункта захоронения и на всем протяжении его разработки и эксплуатации.

## **Оценка безопасности**

4.41. В настоящем Руководстве по безопасности под термином «оценка безопасности» понимаются все оценки, проводимые в рамках обоснования безопасности (см. рис. 4). Это понятие охватывает все аспекты, имеющие отношение к безопасности разработки, эксплуатации и закрытия пункта захоронения. Таким образом, при оценке безопасности

также рассматриваются качественные аспекты, вопросы, не связанные с радиологическим воздействием, и организационные и управленческие аспекты.

4.42. В более ранних публикациях (например, в публикации [26]) термин «оценка безопасности» использовался для описания оценки, производимой в целях определения радиологического воздействия пункта:

- оценка безопасности определялась как весь процесс проведения количественных оценок радиологического воздействия пункта захоронения в период после его закрытия. Это включало выработку контекста для оценки и описание системы захоронения и окружающей ее среды, а также интерпретацию полученных результатов. Однако с точки зрения более широкого контекста в случае обоснования безопасности, как показано на рис. 2, эти элементы рассматриваются в качестве части обоснования безопасности, а не только части количественной оценки безопасности. Рассмотрение этих элементов в более широком контексте обоснования безопасности не представляет собой какого-либо изменения фактической методологии, используемой для проведения количественных оценок, рассмотренных в публикации [26]; подходы, разработанные в этих публикациях, в настоящее время интегрированы в более широкий контекст обоснования безопасности;
- оценка безопасности в настоящем Руководстве по безопасности также связана с аспектами, имеющими отношение к безопасности и выходящими за рамки количественной оценки радиационных рисков, такими как эксплуатационная безопасность и система менеджмента. Подобное расширение значения термина «оценка безопасности» является логическим следствием принятия более широкой концепции обоснования безопасности в качестве основы для настоящего Руководства по безопасности.

4.43. Приведенные ниже разделы содержат обзор ключевых элементов оценки безопасности, схематично изображенных на рис. 4.

#### *Оценка радиологического воздействия в период после закрытия*

4.44. Оценка радиологического воздействия после закрытия составляет основу обоснования безопасности пункта захоронения. Помимо качественных оценок в ней также содержится всесторонний количественный анализ эволюции системы захоронения и окружающей ее среды, возможных

угроз, которым могут подвергаться функции безопасности, и связанных с этим потенциальных радиологических воздействий. Разработан системный подход к оценке радиологического воздействия в период после закрытия пункта захоронения, и он описан в публикации [26]. В этом подходе используются возможные сценарии эволюции системы захоронения и окружающей ее среды. Потенциальная миграция радиоактивных веществ из пункта захоронения, их перемещение в окружающей среде и связанные с этим радиационные риски подвергаются количественному анализу с использованием концептуальных и математических моделей. Подробные руководящие материалы по этому подходу представлены в разделе 5.

#### *Аспекты, связанные с площадкой, и инженерно-технические аспекты*

4.45. Количественный анализ эволюции системы захоронения, проводимый в рамках оценки радиологического воздействия в период после закрытия, позволяет судить о пригодности выбранной или предлагаемой площадки, а также предлагаемого проекта пунктов захоронения. Выводы, сделанные на основании количественной оценки, следует дополнять аргументами и оценками качественного характера. Следует предусматривать, чтобы обобщенные результаты качественных и количественных оценок обеспечивали:

- надлежащую демонстрацию пригодности площадки и инженерно-технического обеспечения;
- разумную уверенность в соблюдении всех действующих требований безопасности, кратко изложенных в разделе 3;
- убедительные доказательства соблюдения стратегии, разработанной для пункта захоронения.

4.46. Безопасность любого пункта захоронения в первую очередь зависит от благоприятных характеристик или свойств естественных барьеров и инженерно-технических барьеров. К наиболее важным характеристикам естественных барьеров и инженерно-технических барьеров безопасности относятся их устойчивость и надежность в течение продолжительных периодов времени. Аспекты, оказывающие положительное влияние на устойчивость и надежность пункта захоронения и окружающей его среды, описаны ниже, а аргументы относительно качества конкретной площадки и проекта пункта следует приводить на основе мер предосторожности, предусмотренных с учетом этих аспектов.

## Пассивная безопасность

4.47. Оператору следует продемонстрировать, что, насколько это возможно, безопасность системы захоронения обеспечивается пассивными средствами. Это означает, что для обеспечения долгосрочной безопасности нет необходимости использовать активные элементы или действия (например, мониторинг), хотя такие элементы и действия могут способствовать обеспечению безопасности, в частности в случае пунктов приповерхностного захоронения. Поэтому безопасность пункта захоронения после его закрытия обеспечивается в первую очередь сочетанием естественных и инженерно-технических барьеров (см. публикацию [2]).

4.48. При проектировании пункта захоронения требуется учитывать пассивные меры обеспечения безопасности в целях минимизации зависимости безопасности от активных систем в периоды эксплуатации и после закрытия.

## Множественные функции безопасности

4.49. Согласно публикации [3], для пунктов захоронения отходов требуется оценка «глубокоэшелонированной защиты», которая подразумевает демонстрацию того, что в пункте захоронения предусмотрены множественные функции безопасности. Термин «глубокоэшелонированная защита» означает многоуровневое развертывание разнообразного оборудования и процедур в целях поддержания эффективного функционирования физических барьеров, отделяющих радиоактивные материалы от работников, лиц из населения и окружающей среды при нормальной эксплуатации, ожидаемых при эксплуатации событиях и, для некоторых барьеров, в случае возникновения на пункте аварийных условий.

4.50. Применение концепции глубокоэшелонированной защиты в отношении пункта захоронения будет обеспечивать отсутствие чрезмерной зависимости безопасности от единственного элемента или процедуры контроля или от выполнения единственной функции безопасности. Роль и относительная значимость функций безопасности может со временем изменяться. Применение концепции глубокоэшелонированной защиты в отношении пунктов захоронения дополнительно обсуждено в разделе 6.

## Устойчивость

4.51. Устойчивость (см. пункт 4.33) — это концепция, связанная с концепцией глубокоэшелонированной защиты, и она может быть применена к отдельным элементам системы захоронения или к системе захоронения в целом. Руководящие материалы по концепции устойчивости и демонстрации устойчивости системы захоронения изложены в разделе 6.

### Научные и инженерно-технические принципы

4.52. Элементы надлежащей научной практики предусматривают, помимо прочего, проведение наблюдений, разработку и проверку гипотез, оценку воспроизводимости и независимую экспертизу. Применение принципов надлежащей научной практики при разработке обоснования безопасности можно проиллюстрировать, рассмотрев, например, работы, направленные на углубление понимания вопросов, связанных с движениями грунтовых вод на конкретной площадке. Такие работы могут предусматривать проведение замеров на поверхности и в скважинах, выдвижение гипотез о факторах, оказывающих влияние на движение грунтовых вод, проверку этих гипотез с помощью моделей, использующих собранные данные, использование более одного подхода или группового подхода при выполнении работ по моделированию в целях исследования альтернативных концептуальных моделей и их воспроизводимости, а также проведение независимой экспертной оценки этих работ (см. пункты 4.92–4.94).

4.53. В обосновании безопасности следует отражать, как принципы надлежащей инженерно-технической практики использовались при проектировании пункта захоронения, и оператору в обосновании безопасности следует продемонстрировать, что имеется надлежащее понимание материалов и методов строительства, предусмотренных для сооружения пункта захоронения, и что знания, полученные из опыта аналогичных применений, подтверждают, что эти материалы хорошо подходят для предполагаемого использования. Оператору следует в максимально возможной степени использовать хорошо зарекомендовавшие себя методы строительства и следует надлежащим образом учитывать опыт, накопленный в ходе использования этих методов.

## Качество характеристики площадки

4.54. Следует обеспечивать, чтобы обоснование безопасности содержало четкое описание подхода и критериев, использованных при отборе площадки, и в нем следует продемонстрировать, что отбор площадки был произведен в соответствии со стратегией безопасности и всеми установленными критериями. В обосновании безопасности следует собрать воедино знания о площадке и окружающей ее среде (например, о геологии, гидрогеологии, характеристиках поверхности, климате, местном населении) и с целью формирования понимания о возможном поведении системы следует использовать моделирование, что, в свою очередь, требует достаточной комплексной информации о площадке.

4.55. Уверенность в результатах оценки повышается при высоком качестве программ характеристики площадки и оценки безопасности, т. е. если собранные оператором данные по площадке согласуются с другими имеющимися данными с точки зрения значений параметров и примененной методологии проведения измерений; если разработанные для оценки безопасности модели согласуются с характеристиками площадки, а концептуальное понимание площадки основано на научных принципах; и если концептуальное понимание площадки и модели оценки безопасности сохраняют свою непротиворечивость и применимость по отношению к новой информации о площадке, которая может быть получена, при условии лишь незначительного уточнения.

### *Аспекты эксплуатационной безопасности*

4.56. При оценке безопасности на стадии эксплуатации применяются подходы, аналогичные применяемым при анализе обращения с радиоактивными отходами перед захоронением, которые описаны в публикации [27]. Важное значение для эксплуатации пунктов захоронения имеют также публикации категории требований безопасности и руководства по безопасности, в которых рассмотрены вопросы эксплуатации АЭС, такие как публикации [28, 29]. Кроме того, при оценке безопасности пунктов захоронения на стадии эксплуатации может возникнуть необходимость рассмотрения других вопросов, таких как безопасность ведения горных работ (например, в случае пункта глубинного геологического захоронения). Требования, применяемые в отношении нерадиологических аспектов (например, в отношении охраны здоровья работников и техники безопасности), следует применять комплексно и совместно с требованиями

в отношении радиологических аспектов; способы достижения этих целей будут зависеть от типа пункта, правовой и регулирующей основы, а также от стадии разработки пункта захоронения.

#### *Нерадиологическое воздействие на окружающую среду*

4.57. Радиоактивные отходы могут содержать потенциально опасные нерадиоактивные компоненты (например, тяжелые металлы, болезнетворные микроорганизмы). В частности, отходы добычи урана обычно содержат много нерадиоактивных и/или канцерогенных веществ в значительных концентрациях. При отборе площадки и проектировании системы захоронения следует обеспечивать надлежащую защиту человека и охрану окружающей среды от воздействия таких нерадиологических опасностей.

4.58. Потребуется проведение оценки нерадиологического воздействия пункта захоронения, которая регулируется природоохранным законодательством. Данные вопросы выходят за пределы области применения настоящего Руководства по безопасности. Тем не менее подходы к оценке, описанные в настоящем Руководстве по безопасности, могут также оказаться полезными при оценке опасностей, создаваемых нерадиологическими отходами, и при оптимизации защиты и безопасности от всех потенциальных опасностей.

4.59. Природоохранное законодательство и связанные с ним регулирующие положения содержат ряд требований в отношении сооружения, эксплуатации и закрытия пункта захоронения. Примерами таких требований являются ограничения автотранспортного и шумового загрязнения, которые могут создавать препятствия при строительстве и эксплуатации пункта. Другими примерами являются пределы, меры контроля и условия, установленные для водопользования во время сооружения и эксплуатации пункта, а также требования к контролю сброса воды в период после закрытия. Такие требования, разрабатываемые на основе природоохранного законодательства, следует надлежащим образом учитывать при проектировании пункта. Таким образом, при комплексном рассмотрении аргументов, связанных с обеспечением безопасности (см. рис. 2), следует принимать во внимание также и нерадиологические воздействия и следует демонстрировать обеспечение безопасности системы захоронения в целом и всестороннее соблюдение всех соответствующих законодательных и регулирующих требований.

4.60. Требование 25 публикации [2] гласит:

«Системы управления (менеджмента), предусматривающие обеспечение качества, должны применяться ко всем связанным с безопасностью видам деятельности, системам и компонентам на всех этапах разработки и эксплуатации установки для захоронения».

Общие требования к системе менеджмента приведены в публикации [30], а рекомендации по соблюдению этих требований — в публикации [31]. Применение надлежащей системы менеджмента будет способствовать повышению уверенности в обосновании безопасности, и поэтому следует провести оценку адекватности системы менеджмента, регулирующей проведение всех работ, связанных с безопасностью, включая обеспечение необходимых финансовых и людских ресурсов.

4.61. Требования к системе менеджмента оказывают двойное влияние на разработку обоснования безопасности. Во-первых, описание системы менеджмента, применяемой на различных стадиях разработки пункта захоронения, представляет собой важный элемент обоснования безопасности, способствующий повышению уверенности в соблюдении соответствующих требований и критериев в отношении отбора площадки, проектирования, сооружения, эксплуатации, закрытия и безопасности в период после закрытия. Во-вторых, следует разработать программы с целью обеспечения качества всех видов деятельности, связанных с обоснованием безопасности и оценкой безопасности, таких как сбор информации и моделирование. Данные вопросы рассмотрены в пункте 4.39.

### **Управление неопределенностями**

4.62. Значимость решения вопросов, связанных с неопределенностями, в рамках оценки безопасности отражена в пункте 4.59 публикации [3], который гласит: «Неопределенности в анализе безопасности необходимо различать в зависимости от их источника, характера и степени с использованием количественных методов, профессиональной оценки или и того и другого». Далее в публикации [3] содержится требование: «В анализах неопределенностей и чувствительности необходимо рассматривать неопределенности, которые могут иметь последствия для результатов анализа безопасности и для решений, принимаемых на этой основе».

4.63. Подходы к управлению неопределенностями в ходе количественной оценки радиологического воздействия в период после закрытия рассмотрены в разделе 5.

### **Оптимизация итераций и проекта**

4.64. Процесс принятия решений по вариантам проекта является многофакторным, поскольку для принятия решения необходимо привести к единому знаменателю и сопоставить целый ряд различных и зачастую конкурирующих между собой факторов. На практике в большинстве случаев процесс принятия решений будет носить итеративный характер. Число итераций зависит от стадии разработки пункта и характера принимаемого решения, а также от доступности данных и моделей.

4.65. В процессе принятия решений первые итерации необходимо выполнять, используя имеющиеся данные и возможности для проведения оценки. Итерации выполняются только до тех пор, пока оценка не будет признана адекватной с точки зрения ее цели. Более того, получение дополнительных данных нужно только в том объеме, который необходим для улучшения основы, на которой будут приниматься решения. Принятие некоторых решений может потребовать проведения итераций в отношении только одного конкретного аспекта обоснования безопасности (например, уточнение требований к предоставлению данных для конкретной модели). Для принятия других решений необходимо большее количество итераций, которые могут потребовать пересмотра нескольких элементов обоснования безопасности, таких как:

- корректировка контекста обоснования безопасности, например, с целью более реалистичного учета неопределенностей или для расширения номенклатуры рассматриваемых реципиентов воздействия;
- пересмотр стратегии безопасности;
- поступление новых данных о площадке и/или выполнение более детальной проработки проекта;
- необходимость пересмотра или более детальной проработки элементов обоснования безопасности и вспомогательной оценки безопасности в связи с изменениями или другими факторами (например, результатами независимой экспертизы).

4.66. Оптимизация защиты пункта захоронения — это оценочный процесс, реализуемый при принятии решений в ходе разработки проекта пункта захоронения. Для обеспечения качества выполнения всех работ, связанных с безопасностью, на всем протяжении проектирования, сооружения, эксплуатации и закрытия пункта захоронения следует принимать эффективные инженерные и технические решения и применять принципы рационального управления.

4.67. Для некоторых решений по оптимизации защиты и безопасности можно ограничиваться применением качественного подхода, основывающегося на экспертных заключениях и использовании лучших доступных и проверенных технологий. Чем сложнее вопрос и чем больше его степень взаимозависимости с другими аспектами пункта захоронения, тем больше необходимость продемонстрировать оптимизацию. Для того чтобы сделать заключение о возможности считать безопасность оптимизированной, следует показать обоснованность перечисленных ниже важных аргументов:

- влиянию внедрения различных проектных решений на обеспечение безопасности в долгосрочной перспективе уделяется должное внимание на каждой стадии проектирования, сооружения и эксплуатации пункта захоронения;
- имеется обоснованная уверенность, что дозы и/или риски, связанные с нормальной эволюцией системы захоронения, не превысят граничные значения в течение периодов времени, для которых неопределенности не настолько велики, чтобы значительным образом повлиять на интерпретацию полученных результатов;
- вероятность событий, способных оказывать негативное влияние на функционирование системы захоронения, т. е. могущих приводить к повышению доз или рисков, была снижена, насколько это разумно возможно, посредством выбора площадки или проектирования.

4.68. Следует продемонстрировать, что выбранное проектное решение было определено с использованием четко сформулированной, рациональной процедуры. Уверенность в выбранном проектном решении может быть повышена, если альтернативные проектные решения представлены в обосновании безопасности с оценкой их преимуществ и недостатков, а для предпочтительного варианта представлено обоснование. В ряде стран рассмотрение альтернативных вариантов является требованием регулирующего органа (например, см. публикацию [32]).

4.69. Как правило, на стадии разработки проекта рассматриваются существенно различающиеся варианты его реализации. В обосновании безопасности следует описать процесс, использованный при выборе наиболее приемлемого варианта на основе набора заранее определенных критериев или соображений. В дополнение к критериям безопасности в состав критериев, используемых для сравнения альтернативных вариантов, следует включать экологические и социально-экономические факторы (например, затраты, социальную приемлемость различных вариантов).

4.70. При анализе альтернативных способов реализации проекта следует ответить на перечисленные ниже вопросы.

- Каковы альтернативы?
- Какие последствия, в частности преимущества и недостатки, связаны с каждой альтернативой?
- Каково обоснование выбора предпочтительной альтернативы?

4.71. Для того чтобы дать четкие ответы на эти вопросы, следует выявить и описать альтернативы с достаточной степенью детализации. Например, при рассмотрении альтернативных проектных решений, таких как различные типы барьеров, следует привести описание каждого альтернативного варианта и определить потенциальное радиологическое воздействие, недостатки и преимущества каждой альтернативы. Критерии и анализ различных вариантов следует затем полностью задокументировать в поддержку предлагаемого проекта. Более подробные рекомендации относительно принятия решений и оценки альтернативных вариантов приведены в пунктах 6.79–6.89. Следует регистрировать эволюцию проектных решений и основу для принятия решений по проектированию и эти регистрационные записи следует сохранять на протяжении всей эволюции срока службы пункта.

### **Пределы, меры контроля и условия**

4.72. Обоснование безопасности следует использовать в помощь при установлении пределов, мер контроля и условий, подлежащих применению в отношении всех работ и видов деятельности, которые оказывают влияние на безопасность пункта, и подлежащих применению в отношении отходов, которые будут подвергнуты захоронению на пункте. Примерами могут служить: меры контроля за осуществлением процессов строительства, операциями по размещению отходов, материалами и методами засыпки, устанавливаемые для конкретной площадки пределы по видам, активностям

и количествам отходов, которые могут быть подвергнуты захоронению, с целью обеспечения эксплуатационной и долгосрочной безопасности, а также требования к мониторингу и обучению персонала.

4.73. Особенно важными пределами и условиями для пунктов захоронения являются допустимое суммарное количество отходов и/или допустимые уровни концентрации конкретных радионуклидов в отходах. Их следует определять и/или обосновывать на основе оценки безопасности. Критерии приемлемости отходов следует устанавливать как для отдельных упаковок, так и для всего пункта путем рассмотрения анализа различных сценариев (например, сценариев выброса радионуклидов в окружающую среду и путей их распространения в окружающей среде). Также важно рассмотреть сценарии, связанные с проникновением человека, причем такие сценарии часто используются для определения допустимых уровней долгоживущих радионуклидов в случае пунктов приповерхностного захоронения. Тем не менее следует отметить, что присутствие больших количеств короткоживущих радионуклидов также потенциально может приводить к проблемам, особенно в отношении обеспечения эксплуатационной безопасности, и такие радионуклиды также следует рассматривать при оценке безопасности и при установлении пределов количества отходов и уровней концентрации. Кроме того, обоснование безопасности следует использовать в целях оценки уровней содержания (например, химических) веществ в отходах или инженерно-технических барьерах, которые могут приводить к деградации естественных и инженерно-технических барьеров. Более подробно вопросы установления критериев приемлемости отходов для пунктов приповерхностного захоронения рассмотрены в публикации [33].

4.74. Обоснование безопасности и вспомогательную оценку безопасности следует также использовать с целью создания программы мониторинга и наблюдения для площадки и окружающей ее местности, специально разработанной для конкретного пункта захоронения, и для последующего рассмотрения этой программы. Программы мониторинга и наблюдения следует разрабатывать и осуществлять с целью представления на определенный период времени доказательств того, что пункт захоронения функционирует в соответствии с прогнозными данными и что компоненты способны выполнять заложенные в них функции безопасности.

4.75. Безопасность пункта захоронения будет зависеть от сочетания характеристик площадки и мер административного характера, которые, в свою очередь, могут зависеть от наличия обладающего надлежащей

квалификацией персонала. Потребности в обучении персонала, который может участвовать в разработке и эксплуатации пункта, следует определять на основе потенциальных опасностей, выявленных в рамках оценки безопасности, и мер, которые необходимо принимать с целью предотвращения ожидаемых при эксплуатации событий и аварийных условий.

### **Обобщение аргументов безопасности**

4.76. В обосновании безопасности следует обобщить все имеющиеся доказательства, аргументы и результаты анализа. Следует обеспечивать, чтобы они поясняли, каким образом были учтены соответствующие данные и информация, протестированы модели и как соблюдалась рациональная и систематическая процедура оценки. В обосновании следует также указать все ограничения, связанные с имеющимися на данный момент доказательствами, аргументами и результатами анализа, и в нем следует привести главные основания, на которых было принято решение о том, что планирование и разработку системы захоронения тем не менее следует продолжать. В обосновании безопасности следует указать подход, который будет использоваться для решения всех открытых вопросов и учета неопределенностей, которые потенциально могут создавать угрозу для безопасности. Если доказательства, аргументы и результаты анализа не обеспечивают достаточной уверенности в поддержку положительного решения, то, возможно, необходимо пересмотреть обоснование безопасности, проект пункта или даже концепцию захоронения.

4.77. Вообще говоря, обоснование безопасности для каждой стадии планирования и разработки пункта захоронения будет содержать все имеющиеся различного рода доказательства, аргументы и результаты анализа в поддержку оценки качества и функциональной эффективности пункта захоронения. Следует также рассмотреть и проанализировать выводы, противоречащие аргументам, принятым в обосновании безопасности, и неопределенности. Это делает необходимым подробное обсуждение следующих вопросов:

- учета неопределенностей в обосновании безопасности и вспомогательной оценке безопасности;
- качества и надежности научных и проектно-конструкторских работ, формирующих основу обоснования безопасности;
- качества и надежности оценки безопасности, включая проработку каждого сценария, достаточности рассмотренного диапазона

сценариев, оценок вероятности их реализации и адекватности использованных методов, моделей, компьютерных кодов и баз данных;

- требований системы менеджмента к проведению расчетов при проведении оценки безопасности в целях обеспечения уверенности в их качестве.

4.78. При представлении обоснования безопасности значимость различных аргументов может различаться; тем не менее она зависит от:

- вопросов, вызывающих беспокойство, и требований целевой аудитории;
- временного интервала, для которого должна быть продемонстрирована безопасность системы захоронения, и изменения уровня опасности с течением времени;
- стадии разработки проекта;
- возможной эволюции системы захоронения;
- имеющихся неопределенностей и их влияния на функциональную эффективность системы захоронения.

4.79. Одной из важных областей использования результатов количественных оценок является их сравнение с критериями безопасности, в частности с пределами или ограничениями дозы и риска. Кроме того, при оценке и анализе результатов расчетов следует применять дополнительные показатели безопасности и функциональной эффективности. Количественный анализ следует дополнять другой аргументацией качественного и приближенно-количественного характера.

#### *Сопоставление с критериями безопасности*

4.80. Необходимо четко разделять цели и критерии безопасности и показатели, используемые для демонстрации соблюдения этих критериев и достижения этих целей. Цели безопасности описываются в общем виде, и в отношении этих целей существуют международные соглашения. Национальные регулирующие положения зачастую устанавливают нормы и критерии, касающиеся конкретных показателей (например, показателей дозы или риска), выраженные в виде целевых значений, ограничений или пределов. Такие показатели могут отличаться от государства к государству.

4.81. Одной из целей оценки безопасности является сопоставление конечных результатов оценки безопасности с критериями безопасности. Однако даже если рассчитанные дозы или риски не превышают установленные для них предельные значения, этого еще не достаточно для того, чтобы обоснование безопасности было приемлемым, так как необходимым условием является соблюдение и других требований, например обеспечение множественных функций безопасности. Кроме того, требуется оптимизировать безопасность. Обратное тоже верно, если имеются свидетельства, что при неких маловероятных обстоятельствах дозовые нагрузки превысят граничную дозу, это вовсе не обязательно означает неприемлемость обоснования безопасности.

#### *Дополнительные показатели безопасности и функциональной эффективности*

4.82. В целях повышения уверенности и установления правильного контекста для представления результатов оценки радиологического воздействия, помимо значений дозы и риска, в обосновании безопасности могут использоваться и другие показатели. Концепция дополнительных показателей безопасности (т. е. расчет других значений в конечной точке оценки, которые дополняют рассчитанные значения дозы или риска) в основном используется в контексте пунктов геологического захоронения, но может также использоваться и для других типов пунктов захоронения отходов.

4.83. К наиболее общепринятым показателям безопасности относятся концентрации и потоки радионуклидов. Другие такие показатели могут быть основаны на свойствах, которые не связаны с радионуклидным составом, но они, например, позволяют делать выводы о функциональной эффективности инженерно-технических барьеров. Кроме того, другие дополнительные показатели могут включать целевые значения плана мониторинга, проводимого в целях проверки функциональной эффективности пункта.

4.84. Для того чтобы судить о функциональной эффективности системы захоронения или ее отдельных элементов, дополнительные показатели безопасности могут сопоставляться со значениями, приведенными в руководящих принципах, критериях, и референтными значениями.

Референтные значения можно найти в целом ряде источников, таких как законодательные акты или регулирующие положения, и в других материалах, к числу которых относятся:

- установленные регулирующим органом критерии, касающиеся предельно допустимых концентраций радионуклидов в окружающей среде;
- результаты анализа чувствительности, проведенного в рамках оценки безопасности (они могут, например, указывать на то, что определенный минимальный срок службы отдельного контейнера играет ключевую роль для безопасности системы захоронения в целом);
- независимое рассмотрение процессов, обеспечивающих выполнение функций безопасности системы захоронения;
- ценности или ожидания общества.

#### *Различные виды аргументации*

4.85. Уверенность в обосновании безопасности можно также повысить путем использования различных видов аргументации. Использование различных видов аргументации может повысить ценность обоснования безопасности путем предоставления более широкого диапазона различных доводов, что способствует большей убедительности определенных данных, допущений и результатов. Более того, определенные аргументы могут быть более значимыми для конкретных аудиторий.

4.86. Альтернативными видами аргументации, дополняющими результаты оценки безопасности, являются, например, природные и антропогенные аналоги; аспекты обоснования безопасности, в которых могут быть использованы такие виды аргументации, включают те части, которые касаются палеогидрогеологии, палеоклиматологии и неотектоники. Кроме того, уверенность в результатах моделирования при оценке безопасности можно также повысить благодаря представлению упрощенных расчетов («предварительных расчетов») миграции радионуклидов или радиологического воздействия.

#### *Планы решения нерешенных вопросов*

4.87. Обоснование безопасности пункта захоронения радиоактивных отходов требуется разрабатывать и постепенно обновлять в течение всего срока службы пункта захоронения [2]. Уверенность в обосновании

безопасности на любой стадии повысится, если в каждый его пересмотренный вариант включать по мере необходимости план дальнейших работ с целью решения существенных нерешенных вопросов, в частности с целью уменьшения значительных остающихся неопределенностей, или уменьшения их значимости, или их полного устранения, в частности, путем внесения изменений в конструкцию элементов системы.

4.88. На наиболее ранних стадиях программы разработки пункта захоронения таких открытых вопросов и неопределенностей может быть много, и в обоснование безопасности следует включать четкие планы по их разрешению на будущих стадиях (например, путем характеристики площадки или оптимизации проекта системы), причем следует излагать подход, который будет использован для реализации этих планов. На более поздних стадиях программы и, несомненно, к тому времени, когда обоснование безопасности должно быть представлено в составе заявки на получение лицензии, неопределенности и открытые вопросы по безопасности следует устранять таким образом, который соответствует принятому решению. В обосновании безопасности следует отражать то, каким образом это было сделано. Отдельные неопределенности неминуемо сохраняются (например, геологический барьер невозможно полностью охарактеризовать без некоторого нарушения в этом процессе его благоприятных характеристик), но при этом в обосновании безопасности следует указывать причины, по которым такие неопределенности не ослабляют обосновывающие безопасность пункта аргументы.

## ВЗАИМОДЕЙСТВУЮЩИЕ ПРОЦЕССЫ

4.89. На рис. 2 показан целый ряд внешних процессов, взаимодействующих с процессом разработки обоснования безопасности с целью обеспечения его приемлемости и качества. Среди них самым важным является процесс регулирования, посредством которого устанавливаются обязательные для соблюдения нормы и предоставляются руководящие материалы регулирующего органа по обеспечению соблюдения этих норм. При этом также осуществляется процесс структурированного взаимодействия и коммуникации в целях обеспечения соблюдения всех требований регулирующего органа в отношении содержания обоснования безопасности, а также выявления и урегулирования всех вопросов, требующих решения. В разделе 8 приведены рекомендации по структурированию и осуществлению процесса рассмотрения регулирующим органом с целью обеспечения дополнительной уверенности в обосновании безопасности.

4.90. Следует также обеспечивать, чтобы в реализации этих взаимодействующих процессов принимали участие независимые эксперты и заинтересованные стороны. Кроме того, разработку обоснования безопасности следует производить в рамках комплексной системы менеджмента, обеспечивающей качество обоснования безопасности и его документирования (см. пункты 4.95–4.100).

### **Привлечение заинтересованных сторон**

4.91. Следует обеспечивать заблаговременное привлечение заинтересованных сторон в рамках процесса укрепления уверенности в безопасности пункта захоронения. В различных странах применяется ряд разных моделей привлечения заинтересованных сторон и проводятся масштабные исследования методов их привлечения в рамках как национальных, так и международных исследовательских программ. Ключевым соображением является то, что привлечение заинтересованных сторон следует осуществлять в рамках открытой и транспарентной системы консультаций с четко определенными правилами процедуры. Описание процесса привлечения заинтересованных сторон следует изложить в обосновании безопасности.

### **Независимая экспертиза**

4.92. Следует обеспечивать, чтобы независимая экспертиза играла важную роль в укреплении уверенности в обосновании безопасности пункта захоронения радиоактивных отходов. При независимой экспертизе следует предусматривать проведение документально оформленного изучения технической программы или конкретного аспекта работ экспертом или группой экспертов, обладающих соответствующей квалификацией и не принимавших непосредственного участия в разработке обоснования безопасности, а также не имеющих прямой заинтересованности (например, материальной или политической) в результатах работы.

4.93. Независимую экспертизу следует сделать активной и постоянной частью работы, направленной на разработку обоснования безопасности, и начинать активное проведение таких экспертиз следует на ранней стадии проекта [34, 35]. Независимые экспертизы следует полностью документировать, включая сферу охвата и круг вопросов при рассмотрении, основания для выбора экспертов, заключения независимой экспертизы, ответы оператора на замечания экспертов и оценки этих ответов экспертами.

4.94. В определенных обстоятельствах с целью рассмотрения отдельного вопроса или целого ряда конкретных вопросов или для оценки в целом обоснования безопасности и/или вспомогательной оценки безопасности следует создавать международные группы экспертов.

### **Система менеджмента**

4.95. В целях обеспечения надлежащего качества всех работ и видов деятельности, связанных с обеспечением безопасности, регулирующему органу и оператору следует создать соответствующую систему менеджмента [30]. При разработке соответствующей системы менеджмента, которую следует проектировать таким образом, чтобы обеспечить адекватную основу для разработки и рассмотрения обоснования безопасности, следует учитывать перечисленные ниже аспекты:

- необходимость наличия четко сформулированных, единообразных и транспарентных критериев, в соответствии с которыми производится оценка обоснования безопасности и принимаются решения;
- необходимость проведения по мере необходимости внутренних и внешних аудитов в целях определения адекватности системы менеджмента и ее осуществления;
- необходимость документирования и повышения квалификации, компетентности и авторитетности лиц, проводящих разработку и рассмотрение обоснования безопасности и оценки безопасности, например, посредством организации программ профессиональной подготовки и их участия в международных проектах;
- необходимость обеспечения транспарентности и привлечения общественности к разработке и рассмотрению обоснования безопасности;
- необходимость обеспечения при разработке обоснования безопасности учета международных рекомендаций, соблюдения целей безопасности, методологий оценки безопасности, сроков, концепций захоронения и т. п.;
- необходимость развития и поддержания уровня компетентности и знаний оператора и регулирующего органа в течение всего срока реализации проекта.

4.96. В систему менеджмента следует включать набор плановых и системных процедур реализации и документирования различных этапов процесса для обеспечения уверенности в надлежащем качестве исходных данных, моделей и результатов. Необходимость укрепления уверенности

в результатах оценки безопасности требует применения программ для обеспечения качества различных элементов оценки с самой ранней стадии разработки пункта захоронения.

4.97. Уверенность в обосновании безопасности понижается, если создается впечатление, что ряд актуальных вопросов так и не был рассмотрен. Полнота является одним из первых вопросов, которые регулирующий орган, вероятно, учитывает при рассмотрении обоснования безопасности (раздел 8). Другие заинтересованные стороны также могут изъявить желание проверить, были ли рассмотрены важные с их точки зрения вопросы. В связи с этим целесообразно использовать различные методы с целью демонстрации рассмотрения в обосновании безопасности всех важных вопросов, в том числе значимых неопределенностей. Круг таких вопросов зависит от стадии разработки пункта захоронения, и они могут возникать по разным причинам, связанным, наряду с прочим, с законодательством, регулирующими положениями и обеспокоенностями заинтересованных сторон. Поэтому методы демонстрации полноты информации могут включать хорошо структурированные перекрестные ссылки или карты размещения информации, содержащие ссылки на источники, использованные при разработке обоснования безопасности.

4.98. Прослеживаемость требует четкой и полной регистрации принятых решений и сделанных допущений, а также моделей, параметров и данных, использованных для получения заданного набора результатов. Прослеживаемость также позволяет найти первоначальный источник данных или другой информации, использованной в обосновании безопасности. Поэтому следует разработать логически связную систему ссылок на источники, использованные в обосновании безопасности. В записи следует включать структурированную информацию о том, когда, на каком основании и кем были приняты различные решения и допущения, как эти решения были реализованы на практике, какие средства моделирования были использованы и каковы конечные источники данных.

4.99. Транспарентность требует открытости, информационного взаимодействия и подотчетности. Это подразумевает необходимость четкого, открытого и беспристрастного документирования обоснования безопасности и оценки безопасности, отражения в них как особенностей, обеспечивающих безопасность системы захоронения, так и неопределенностей. Целью следует сделать формирование, в целях информирования лиц, ответственных за принятие решений, четкого представления о том, что именно было сделано в процессе

оценки, каковы результаты и неопределенности, почему были получены именно такие результаты и каковы ключевые вопросы. Для повышения прозрачности может также оказаться целесообразным открыть доступ широкой общественности к документации по обоснованию безопасности и обеспечить, чтобы она была подготовлена таким образом и с таким уровнем детализации, которые приемлемы для восприятия целевой аудиторией.

4.100. Более подробные рекомендации в отношении прослеживаемости и прозрачности документации, представляемой в рамках обоснования безопасности, представлены в пунктах 7.12–7.17.

## **5. ОЦЕНКА РАДИОЛОГИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ В ПЕРИОД ПОСЛЕ ЗАКРЫТИЯ**

5.1. Как указано в пункте 4.44, оценка радиологического воздействия после закрытия формирует основное содержание обоснования безопасности пункта захоронения. Оценка радиологического воздействия в период после закрытия пункта захоронения — это процесс анализа функциональной эффективности системы захоронения и количественной оценки ее потенциального воздействия на здоровье человека и окружающую среду. Такая оценка включает проведение как количественного анализа общего уровня функциональной эффективности системы захоронения, так и анализа связанных с этим неопределенностей. Следует обеспечивать, чтобы методология, используемая для оценки радиологического воздействия, была системной, а в самой оценке следует надлежащим образом учитывать все относящиеся к безопасности аспекты на основе дифференцированного подхода (см. пункт 5.6).

5.2. Общая методология оценки воздействия пунктов приповерхностного захоронения после закрытия была разработана в рамках проекта «Усовершенствование методологий оценки безопасности применительно к установкам для приповерхностного захоронения радиоактивных отходов» (проекта ISAM) [26]. После апробирования и адаптации данной методологии был сделан вывод о возможности ее применения также для оценки воздействия пунктов захоронения других типов.

5.3. В отношении терминологии следует отметить, что в публикации [26] понятие «оценка безопасности» используется в первую очередь для обозначения оценки радиологического воздействия в период после закрытия. Тем не менее, как уже было объяснено в пункте 4.42, в настоящем Руководстве понятие «оценка безопасности» используется для отражения всех элементов оценки (см. рис. 4), объединенных в рамках более широкой концепции обоснования безопасности. Это не подразумевает необходимости внесения каких-либо изменений в методологию оценки, которая по-прежнему основывается на положениях публикации [26].

5.4. Ниже представлены обсуждаемые в настоящем разделе ключевые элементы методологии оценки радиологического воздействия в период после закрытия:

- определение контекста оценки;
- описание системы захоронения отходов;
- разработка и обоснование сценариев;
- разработка и реализация моделей;
- моделирование и анализ результатов, в том числе анализ чувствительности и неопределенностей;
- сравнение с критериями безопасности;
- рассмотрение и, по мере необходимости, модификация оценки (т. е. итерация).

5.5. Некоторые из этих элементов (контекст оценки, описание системы захоронения отходов, оценка результатов) частично совпадают с соответствующими элементами обоснования безопасности, описанными в разделе 4. Это естественное следствие рассмотрения оценки радиологического воздействия в период после закрытия в качестве одного из элементов более широкого понятия обоснования безопасности. Обсуждения в настоящем разделе конкретно связаны с количественной оценкой и дополняют информацию более общего характера, представленную в разделе 4.

## КОНТЕКСТ ОЦЕНКИ

5.6. Ключевыми аспектами контекста оценки являются: цель оценки, принципы, лежащие в основе оценки, регулирующая основа, конечные точки оценки и временной интервал, рассматриваемый при оценке. Помимо

общих аспектов, обсужденных в разделе 4, при количественной оценке радиологического воздействия пункта захоронения в период после его закрытия применяются приведенные ниже руководящие материалы.

### **Принципы, лежащие в основе оценки**

5.7. Основные принципы, лежащие в основе оценки, т. е. выбор подхода к проведению оценки, были в целом обсуждены в разделе 4. Что касается количественной оценки, то здесь актуальны некоторые конкретные аспекты.

#### *Использование различных подходов к оценке*

5.8. Для демонстрации соблюдения регулирующих положений, как правило, требуется показать, что доза излучения и риск, связанные с возможной миграцией радионуклидов за пределы пункта захоронения, остаются ниже предписанной граничной дозы или ограничения риска. Поэтому достаточно продемонстрировать, что верхняя оценка возможного выброса радионуклидов не превышает эти ограничения. Подход такого типа к оценке принято называть детерминистическим, и при этом оценка обычно выполняется консервативно.

5.9. Неопределенность значения параметра, в принципе, можно описать при помощи распределения плотности вероятностей, либо полученной на основании наблюдаемых статистических данных, либо, в более общем случае, как выражение степени уверенности в точности значения на основе экспертного заключения. Тем не менее многие неопределенности, связанные с параметром, не являющимся численным параметром, также поддаются количественной оценке и могут быть выражены в виде распределения вероятностей. Подход, использующий вероятностные расчеты, позволяет получить распределение вероятностей для результата оценки из распределений плотности вероятностей для параметров, использованных при оценке.

5.10. Оценку радиологического воздействия в период после закрытия следует проводить с использованием надлежащего выбора подходов, применение которых взаимодополняющим образом способствует повышению уверенности в безопасности пункта захоронения. К различным подходам, которые могут быть рассмотрены, относятся: вероятностные и детерминистические подходы, использование простых консервативных моделей и использование сложных, более реалистичных моделей. При применении консервативного подхода следует обеспечивать, чтобы он

был реалистичным и использовал, насколько это практически возможно, при выборе сценариев облучения, концептуальных моделей, параметров и упрощенных моделей расчета эмпирические данные, а также экспертные заключения.

### *Вероятностный и детерминистический подходы*

5.11. Повышению уверенности в результатах оценки может способствовать сочетание вероятностного и детерминистического подходов. Тем не менее важно знать как достоинства, так и ограничения, связанные с каждым из этих подходов.

5.12. Детерминистический подход легче реализовать и проще объяснить различным заинтересованным сторонам. Этот подход, кроме того, весьма полезен для иллюстрации влияния конкретных отдельных неопределенностей или допущений в альтернативной модели. К числу ограничений, связанных с использованием детерминистического подхода, относятся невозможность учета вероятностей и изменчивости, а также сложность обоснования выбора значений улучшенной оценки или консервативных значений параметров.

5.13. Сильная сторона вероятностного подхода заключается в возможности дать более комплексное и точное представление неопределенности путем рассмотрения всего диапазона изменения неопределенных параметров. Такие подходы также предусматривают более тщательный и системный анализ чувствительности, и их можно использовать для получения оценок риска. Еще одной сильной стороной вероятностного подхода является возможность исследования прогнозируемого поведения системы захоронения в целом диапазоне различных условий и с учетом различных допущений, что способствует повышению устойчивости обоснования безопасности и решений, принимаемых регулирующим органом.

5.14. К недостаткам вероятностного подхода относятся сложности при получении или определении соответствующих распределений вероятностей для параметров, сложности при переносе неопределенностей, поддающихся обоснованию, в группы допущений альтернативных моделей, сложность представления информации по вероятным допущениям и результатам, а также потребность в дополнительных ресурсах.

## *Консервативные оценки и реалистичные оценки*

5.15. Целью реалистичной оценки является выявление наиболее вероятного поведения системы захоронения. При консервативной оценке возможность системы захоронения обеспечивать защиту намеренно занижается. Если используется консервативный подход, то при оценке следует описать основание для отнесения определенных значений параметров или допущений к категории консервативных и по возможности количественно оценить степень консерватизма. Более подробно рекомендации по использованию консервативных допущений и назначению параметрам консервативных значений изложены в пункте 5.67.

5.16. При оценке радиологического воздействия в период после закрытия может потребоваться произвести как консервативные, так и реалистичные расчеты, при этом оба подхода могут использоваться одновременно для повышения уверенности в безопасности пункта захоронения. Например, консервативные модели могут использоваться, особенно на ранних этапах оценки, для быстрой оценки функциональной эффективности системы захоронения в целом или ее части. Простые консервативные модели могут также использоваться для повышения уверенности в результатах, полученных с помощью более сложных моделей. Консервативные модели, кроме того, могут понадобиться для учета неопределенностей, не поддающихся количественной оценке. При оценке возможно использование консервативно оцененных значений для одних параметров, а реалистичных значений, основанных на результатах детальной характеристики и/или более реалистичных моделях, для других.

5.17. Решение о том, какой подход использовать: консервативный, реалистичный или сразу оба, — будет зависеть от ряда факторов, таких как характер и цель оценки, регулирующие требования, имеющиеся данные и научное понимание, сложность площадки и пункта захоронения и наличие ресурсов.

5.18. Для оптимизации проекта пункта захоронения или демонстрации детального понимания поведения системы захоронения следует обеспечивать, чтобы оценка была, насколько возможно, реалистичной, в зависимости от наличия данных для параметризации моделей. Однако реалистичная оценка может потребовать проведения сложных расчетов с использованием большого числа параметров, и, соответственно, для

демонстрации того, что использованные данные и модели действительно дают реалистическое представление о функциональной эффективности системы захоронения, могут потребоваться значительные ресурсы.

5.19. Для демонстрации соответствия численному показателю или стандарту функциональной эффективности может оказаться более целесообразным проведение консервативного анализа с использованием относительно простых моделей. Такой подход будет возможен, если имеется высокий запас безопасности. Однако в любом случае этот подход следует использовать с большой осторожностью, так как результаты чрезмерно консервативного или основанного на рассмотрении наихудшего случая представления системы захоронения могут привести к принятию неправильных решений, основанных на результатах оценки, которые имеют мало общего с действительной функциональной эффективностью пункта захоронения. Кроме того, применение чрезмерно консервативного подхода может вызвать у заинтересованных сторон подозрения в манипулировании результатами, если последующие оценки с целью демонстрации соответствия регулирующим требованиям будут производиться с использованием более реалистичного (или менее консервативного) подхода. Для того чтобы избежать подобных ситуаций, следует четко документировать и доводить до сведения заинтересованных сторон всю информацию, касающуюся выбора консервативного или реалистичного подхода, а также причин изменения используемого подхода, если оно произведено.

### **Регулирующая основа**

5.20. В качестве части контекста оценки следует обеспечивать документирование регулирующей основы, регламентирующей проведение оценки безопасности, и оценку безопасности следует проводить в соответствии с положениями этой регулирующей основы. Поэтому критерии безопасности, используемые при оценке, как правило, будут устанавливаться регулирующей основой.

5.21. В части количественных регулирующих критериев пункт 2.15 публикации [2] гласит:

«расчетная доза или риск для лица из состава населения, которое может подвергнуться облучению в будущем в результате возможных природных процессов... затрагивающих установку для захоронения, не должна превышать граничную дозу 0,3 мЗв в год или ограничение, обусловленное риском, порядка  $10^{-5}$  в год».

5.22. Кроме того, в части непреднамеренного проникновения человека:

«если ожидается, что такое вмешательство (проникновение) приведет к получению лицами, живущими в окрестностях площадки, годовой дозы менее 1 мЗв, то представляется неоправданным предпринимать усилия по сокращению вероятности вмешательства или ограничению его последствий».

d) Если вмешательство человека, как ожидается, приведет к возможному получению лицами, живущими в окрестностях площадки, годовой дозы более 20 мЗв... то тогда следует рассмотреть альтернативные варианты захоронения отходов, например захоронение отходов под поверхностью или разделение содержимого радионуклидов, являющихся источником более высоких доз.

e) Если определяются годовые дозы в диапазоне 1–20 мЗв... то тогда представляется оправданным предпринять усилия на этапе разработки установки с целью сокращения вероятности вмешательства или ограничения последствий посредством оптимизации конструкции установки<sup>10</sup>» (пункт 2.15 публикации [2]).

5.23. Количественные критерии и временные интервалы, для которых необходимо продемонстрировать соблюдение этих критериев, могут быть различными в разных государствах, и их необходимо указывать в контексте обоснования безопасности и оценки безопасности.

---

<sup>10</sup> Поскольку в будущем границы площадки будут иметь очень небольшое значение, термин «площадка» относится ко всей территории бывшей площадки пункта захоронения и прилегающей к ней местности.

5.24. Если на площадке уже имеется несколько установок либо их планируется построить, то при установлении того, какие критерии следует учитывать, и сопоставлении результатов оценки с этими критериями следует принимать во внимание воздействие всех этих установок. Это может оказаться непростой задачей в случае существования на площадке как старых, так и новых установок или различия периодов принципиального существования рисков, связанных с каждой установкой. В подобных ситуациях, как правило, будет необходимо проведение консультаций между оператором и регулирующим органом с целью определения критериев, используемых при проведении оценки.

### **Конечные точки оценки**

5.25. Следует дать четкое описание конечных точек оценки и обоснование их выбора, в том числе:

- описание конечных точек оценки радиологического воздействия, например уровней дозы или риска. Эти точки, как правило, связаны с регулирующими положениями, применяемыми в отношении пункта захоронения, и будет необходимо продемонстрировать, что выбранные конечные точки соответствуют цели проведения оценки и действующим регулирующим требованиям и руководящим материалам;
- описание других показателей безопасности, таких как концентрации и потоки радионуклидов, концентрации и потоки нерадиоактивных загрязнителей и воздействие на другие виды живой природы;
- описание характера использования конечных точек оценки, например, с целью определить соблюдение радиологических и экологических норм или провести сравнение с уровнями естественного радиационного фона.

5.26. Для различных периодов (временных окон) в пределах временного интервала, рассматриваемого при оценке, могут использоваться различные конечные точки (см. пункты 5.34 и 5.35, а также раздел 6).

### *Реципиенты воздействия*

5.27. Основополагающий принцип захоронения радиоактивных отходов гласит, что необходимо, чтобы отдельные лица и население в будущем были адекватным образом защищены и не обязаны сами предпринимать существенные защитные меры [1]. Защита других видов живой природы

обсуждается уже в течение ряда лет (см. публикацию [24]). Однако международный консенсус в отношении подходов и критериев при решении этой проблемы все еще формируется. Поэтому данная проблема в настоящем Руководстве по безопасности не рассматривается.

5.28. В публикации [23] для оценки радиологического воздействия на население используется концепция «репрезентативного лица». В зависимости от регулирующих требований в качестве конечной точки оценки допустимо использовать значение дозы или величины риска для репрезентативного лица из состава группы населения, которая потенциально может подвергнуться облучению. Поэтому следует четко устанавливать и описывать реципиентов воздействия, связанных с каждой из различных конечных точек. Следует рассмотреть ряд возможных реципиентов воздействия.

5.29. Как правило, делается допущение, что репрезентативное лицо находится в районе потенциального радиоактивного загрязнения доступной биосферы, подвергающемся наиболее сильному радиологическому воздействию. Также можно сделать допущение, что радиоактивное загрязнение биосферы, вызванное выбросами радиоактивного материала из пункта захоронения, остается относительно постоянным в течение периодов, существенно превышающих продолжительность жизни человека. Затем целесообразно рассчитать среднегодовую дозу или уровень риска путем усреднения за весь период жизни человека.

5.30. В публикации [23] рекомендуется использовать в прогностических оценках три возрастные категории для оценки среднегодовой дозы для репрезентативного лица. Это категории 0–5 лет (младенцы и дошкольники), 6–15 лет (дети) и 16–70 лет (взрослые). В целях практической реализации данной рекомендации для представления каждой из приведенных выше возрастных категорий используются дозовые коэффициенты и данные об образе жизни годовалого младенца, 10-летнего ребенка и взрослого.

5.31. В случае долгосрочного прогнозирования дозовых нагрузок можно сделать допущение, что радиоактивное загрязнение биосферы, вызванное выбросом радиоактивного материала из пункта захоронения, вероятно, остается относительно постоянным в течение периодов времени, существенно превышающих продолжительность жизни человека. Затем целесообразно рассчитать среднегодовую дозу или уровень риска путем усреднения за весь период жизни человека, и это означает, что нет

необходимости рассчитывать дозы для различных возрастных групп; среднегодовую дозу можно представить в виде величины годовой дозы или риска для взрослого человека [23, 24].

5.32. Следует также обеспечивать сопоставимость предлагаемых характеристик отдельных представителей группы с возможностями биосферы поддерживать существование такой группы. Например, в зависимости от предполагаемых условий окружающей среды (местоположения, климата и т. п.), возможности ведения сельского хозяйства или иной экономической деятельности в конкретной местности могут ограничивать размер группы, которая, как можно разумно ожидать, будет присутствовать.

### **Временной интервал при оценке**

5.33. Временной интервал при оценке — это наиболее продолжительный период времени, рассматриваемый при расчетах для оценки радиологического воздействия в период после закрытия. Следует приводить обоснование и объяснение причин выбора конкретного временного интервала, рассматриваемого при оценке. Более подробные рекомендации в отношении временного интервала, рассматриваемого при оценке безопасности, изложены в пунктах 6.43–6.51.

5.34. В зависимости от целей оценки при моделировании может оказаться целесообразным разделить весь временной интервал на несколько более коротких временных окон по причинам, связанным с моделированием или представлением данных. Кроме того, для различных временных окон можно использовать различные конечные точки.

### **ОПИСАНИЕ СИСТЕМЫ ЗАХОРОНЕНИЯ**

5.35. Руководящие материалы по описанию отходов, системы захоронения и окружающей ее среды были изложены в пунктах 4.37–4.40, поскольку составление таких описаний в определенной степени необходимо для всех элементов обоснования безопасности. Для количественной оценки радиологического воздействия в течение продолжительных временных интервалов необходимо предоставлять конкретные данные, которые определяются выбранными сценариями и используемыми моделями. Сбор

данных, необходимых для количественной оценки, следует проводить в рамках итеративного процесса параллельно с разработкой и уточнением сценариев и моделей.

## РАЗРАБОТКА И ОБОСНОВАНИЕ СЦЕНАРИЕВ

5.36. При оценке безопасности пункта захоронения отходов важно рассмотреть показатели функциональной эффективности системы захоронения как в уже сложившихся условиях, так и в условиях, которые сформируются в будущем. Это означает необходимость учета целого ряда различных факторов (например, деятельности человека в будущем, изменений климата и других экологических изменений, а также событий или процессов, которые могут оказывать влияние на функциональную эффективность пункта захоронения). Это может быть достигнуто путем формулирования и анализа набора сценариев. В этом отношении разработка сценариев является фундаментальной основой для проведения количественной оценки.

5.37. Сценарии — это описания возможных альтернативных вариантов эволюции системы захоронения. При разработке сценариев выявляются и определяются «ситуационные задачи оценки», согласованные с контекстом самой оценки. Каждая такая ситуационная задача оценки может представлять или ограничивать диапазон похожих вариантов возможной эволюции системы захоронения. Выбор в пользу определенного набора сценариев и связанных с ними ситуационных задач оценки, а также обоснование этого выбора играют чрезвычайно важную роль, так как такой выбор оказывает сильное влияние на последующую оценку функциональной эффективности системы захоронения.

5.38. Сценарии представляют собой структурированные комбинации характеристик, событий и процессов, имеющих отношение к функциональной эффективности системы захоронения. Обычно рассматривают различные виды сценариев, включая «базовый сценарий» и «альтернативные сценарии эволюции» (которые будут включать возмущающие процессы и события). Большая часть характеристик, событий и процессов, рассматриваемых в рамках различных альтернативных сценариев, та же, что и для базового сценария (его еще называют «референтным сценарием», «ожидаемой эволюцией», «нормальной эволюцией» или «функционированием при

отсутствии возмущений»). Тем не менее отдельные характеристики, события и процессы в таких сценариях все же различаются, и именно они будут характеризовать каждый конкретный сценарий.

5.39. Зачастую разработку сценария осуществляют не с целью демонстрации возможной эволюции системы захоронения и окружающей ее среды, а скорее для демонстрации свойств одного или нескольких естественных или инженерно-технических барьеров. Для этих целей целесообразно перенести значения параметров или другие свойства на остальные части системы барьеров, так чтобы воздействие, оказываемое на рассматриваемый барьер, проявлялось в максимальной степени. Тогда цель состоит в том, чтобы убедительно показать, что подобные гипертрофированные условия невозможны вообще или же что их можно предотвратить путем применения соответствующих проектных решений. Рассмотрение подобных экстремальных условий дает возможность более четко продемонстрировать устойчивость различных естественных или инженерно-технических барьеров. Для того чтобы отличать такие сценарии от реалистичных, их еще называют «гипотетическими» сценариями.

5.40. Для разработки сценариев применяются два основных метода. Например, метод, использованный в проекте ISAM [26], можно назвать «восходящим», и он основан на скрининговой оценке характеристик, событий и процессов. Отправной точкой при использовании этого метода является составление полного перечня характеристик, событий и процессов. При этом можно использовать примерные перечни характеристик, событий и процессов (перечни, согласованные на международном уровне, из регулирующих положений и т. п.) с последующим выявлением характеристик, событий и процессов, свойственных для конкретной площадки и системы. После это проводится процесс скрининговой оценки, который позволяет отсеять те характеристики, события и процессы, которые либо оказывают незначительное влияние на систему захоронения, либо характеризуются низкой вероятностью реализации. Для соответствующих характеристик, событий и процессов проводится тщательное изучение взаимодействия между ними и их комбинации в подходящих сценариях. Процесс, использованный для разработки сценариев, следует полностью документировать и обосновывать. К критериям скрининговой оценки характеристик, событий и процессов могут относиться правила, касающиеся регулирующих положений и/или вероятности реализации или последствий событий и процессов.

5.41. Альтернативный («нисходящий») метод разработки сценариев основывается на анализе влияния возможных событий и процессов на функции безопасности системы захоронения (см., например, публикации [4, 7, 11, 13]). После него может проводиться сверка разработанных сценариев с соответствующим перечнем характеристик, событий и процессов.

5.42. Вне зависимости от того, какой именно метод используется для разработки сценариев, при оценке следует учитывать все характеристики, события и процессы, которые могут оказывать значительное влияние на функциональную эффективность системы захоронения. К ним относятся характеристики, события и процессы, которые могут повторяться в течение временного интервала, рассматриваемого при оценке (например, наводнения, землетрясения). Поэтому следует показать, что были рассмотрены все потенциально значимые пути миграции радионуклидов из пункта захоронения и учтены все возможные варианты эволюции системы.

5.43. Следует представить разъяснение и обоснование того, какие сценарии рассматриваются как представляющие нормальную или ожидаемую эволюцию системы, а какие сценарии касаются событий и процессов с низкой или особенно неопределенной вероятностью возникновения. Насколько это возможно, следует указать вероятность каждого из рассматриваемых сценариев, с тем чтобы помочь в оценке риска.

5.44. В зависимости от временных интервалов, рассматриваемых при оценке, следует учитывать диапазон условий окружающей среды, которые могут сложиться на площадке в будущем, и определять круг потенциально подвергающихся облучению групп лиц. Как правило, делается допущение, что на рассматриваемой территории продолжают проживать люди и что они будут использовать местные ресурсы. Поскольку точно предсказать поведение людей в будущем невозможно, в общем случае делается допущение, что эти люди продолжают вести такой же образ жизни, что и наши современники, проживающие на этой территории, за исключением случаев, когда такое допущение явно не согласуется с предполагаемыми изменениями климатических условий на площадке.

5.45. При оценке риска важно описать принятый для определения риска подход и четко определить, были ли проанализированы вероятности возникновения событий и процессов и/или реализации сценариев, как решалась проблема неопределенностей, присущих каждому сценарию, и какие сценарии были включены в оценки риска. Если при расчетах риска

используются вероятности реализации событий и процессов, то результаты можно сравнивать с критериями риска. Если вероятность реализации событий и процессов не учитывалась и производился расчет только доз и рисков, связанных с реализацией определенного сценария, следует объяснить, как производилось сравнение результатов оценки по различным сценариям с какими-либо установленными регулирующим органом критериями риска.

5.46. В публикации [22] изложены два подхода, которые следует использовать для демонстрации соблюдения ограничений: i) агрегирование риска путем объединения доз и соответствующих вероятностей их получения; или ii) дезагрегированное представление доз и вероятностей их получения. При агрегированном подходе суммарный риск возникновения всех вероятных процессов, которые могут привести к дозам для людей в будущем, сопоставляется с ограничением риска. При дезагрегированном подходе к дозам и их вероятностям радиологическую значимость можно оценить путем рассмотрения по отдельности получаемых доз и вероятности их получения. Следует отметить, что при втором подходе требуются не точные количественные данные о вероятности реализации отдельных сценариев, а скорее оценки их радиологических последствий с учетом оцененной вероятности их возникновения. При оценке значимости каждого сценария, кроме того, можно учитывать и другие соображения, такие как продолжительность или пространственное распространение, характеризующие рассчитанные дозы и риски. Хотя путем использования любого из этих подходов может быть продемонстрирован примерно одинаковый уровень безопасности, рассмотрение по отдельности вероятности реализации конкретной ситуации, ведущей к возникновению дозовой нагрузки, и самой дозовой нагрузки дает возможность получить дополнительную информацию для целей принятия решений.

## РАЗРАБОТКА И РЕАЛИЗАЦИЯ МОДЕЛЕЙ ОЦЕНКИ

5.47. После разработки сценариев следует приступать к выполнению соответствующих оценок. Как правило, при этом используют модели оценки. Модель оценки будет разработана с использованием следующих элементов:

- концептуальной модели, представляющей собой описание поведения системы, подходящее для реализации конкретной задачи оценки, которая определена в контексте оценки. Концептуальная модель

содержит описание всех элементов системы и взаимодействий между этими элементами. Кроме того, в ней представлен набор допущений относительно геометрии системы и химического, физического, гидрогеологического, биологического и механического поведения системы в соответствии с имеющейся информацией и знаниями;

- математической модели, отражающей характеристики и процессы, рассматриваемые в рамках концептуальной модели, с использованием математических уравнений. Объем и сложность этой модели могут быть различными в зависимости от уровня понимания моделируемых явлений и процессов и имеющихся данных и информации. Математическую модель можно использовать для проведения количественного анализа;
- компьютерного кода, представляющего собой реализацию математической модели с использованием программных средств и облегчающего процесс проведения расчетов в рамках оценки. Компьютерный код может включать численные алгоритмы для решения уравнений математической модели.

5.48. Для проведения анализа определенных процессов и/или элементов системы зачастую требуется разрабатывать конкретные модели. В целях оценки радиологического воздействия пункта захоронения в период после его закрытия информацию, полученную с помощью таких подробных моделей, потребуется обобщить, с тем чтобы иметь возможность оценить общую функциональную эффективность системы захоронения. Этот процесс обобщения может потребовать упрощений, которые следует надлежащим образом обосновывать и согласовывать.

5.49. При разработке моделей оценки следует, насколько возможно, обеспечивать:

- надлежащий уровень детализации, а также соответствующую целям оценки сбалансированность реалистичности и консерватизма при моделировании с учетом состояния программы реализации пункта захоронения, контекста оценки и имеющихся знаний о системе захоронения;
- разумное представление системы захоронения в концептуальной модели и надлежащее представление концептуальной модели в математической модели;
- документирование любых альтернативных рассмотренных или оцененных концептуальных и математических моделей с целью

подготовки аргументации в поддержку обоснования выбора использованных моделей;

- выполнение и документирование надлежащих мероприятий по верификации и оценке модели в целях укрепления уверенности в пригодности выбранной модели для достижения поставленной цели;
- применение в отношении используемых программных средств надлежащих мер по обеспечению качества и контролю качества.

5.50. При разработке моделей необходимо выявлять и отбирать параметры, которые будут подвергнуты количественной оценке, и этот процесс называют параметризацией модели. Кроме того, необходимо выбрать значения этих параметров. В рамках этого процесса следует обеспечивать:

- документирование и обоснование значений параметров, используемых в моделях и кодах для проведения расчетов при выполнении оценки. В процессе параметризации модели следует обеспечивать прослеживаемость исходных данных;
- сохранение документации, описывающей то, как данные о характеристиках конкретных площадок и конкретных систем использовались для получения значений параметров, применяемых для проведения расчетов при выполнении оценки;
- обоснование консервативности или реалистичности выбранных значений параметров, используемых в расчетах при проведении оценки с применением детерминистического подхода;
- обоснование выбранных распределений вероятности в случае использования при оценках вероятностного подхода.

## ПРОВЕДЕНИЕ РАСЧЕТОВ И АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ

5.51. После окончания параметризации моделей их можно использовать для проведения детерминистических и/или вероятностных расчетов по оценке ситуационных задач, рассматриваемых в рамках различных сценариев.

5.52. Следует обеспечивать, чтобы ситуационные задачи надлежащим образом отражали соответствующие сценарии с использованием концептуальных моделей и информации о площадке и о конструкции, а также с использованием достаточного спектра анализов чувствительности и неопределенностей. Последнее будет способствовать углублению понимания системы. Важное значение имеют понимание и надлежащий учет неопределенностей и корреляций параметров.

5.53. При представлении результатов расчетов следует обеспечивать достаточность их объема как для сопоставления с конечными точками окончательной оценки, так и для сравнения с альтернативными показателями безопасности или функциональной эффективности. Для улучшения понимания оценки и обеспечения ее прослеживаемости, помимо полностью агрегированных результатов (например, изменений среднегодовой дозы или эволюции риска с течением времени), необходимо также представлять дезагрегированные элементы (например, потоки через различные элементы системы). В обосновании безопасности следует описать подход, используемый для обработки результатов оценки. Например, следует пояснить, будут ли результаты оценки (конечные точки) сравниваться непосредственно с регулирующими критериями (например, целевыми показателями безопасности), или же они будут использованы только в качестве иллюстрации или для каких-либо других целей.

### **Управление неопределенностями**

5.54. Ввиду сложности систем захоронения радиоактивных отходов при оценке важно понимать значимость неопределенностей и предпринимать меры по их уменьшению или ограничению.

5.55. Анализ неопределенностей следует сделать неотъемлемой частью процесса проведения расчетов и по возможности в сообщаемые результаты следует включать диапазоны возможных значений (с указанием, что означает каждый диапазон), а не только значения в одной точке. Следует обеспечивать соответствие анализа неопределенностей цели проведения оценки.

#### *Источники неопределенностей*

5.56. При оценке радиологического воздействия пункта захоронения в период после его закрытия различают несколько источников неопределенностей, которые обобщенно можно разделить на следующие категории: i) сценарные неопределенности; ii) неопределенности моделирования; и iii) неопределенности данных и/или параметров.

5.57. Сценарные неопределенности — это неопределенности, связанные с будущими состояниями системы захоронения. Они включают неопределенности, связанные с эволюцией системы захоронения,

использованием окружающей среды человеком, геологическими и иными процессами значительной продолжительности, а также с проникновением человека.

5.58. Неопределенности моделирования возникают вследствие невозможности получения абсолютно полного знания о процессах, что приводит к несовершенной концептуальной модели. Математическое представление концептуальной модели связано в определенными упрощениями, что также способствует росту неопределенностей моделирования. В качестве примера можно привести использование одномерных моделей для описания процессов переноса. Неточности в численном решении математических моделей являются еще одним источником неопределенностей, попадающих в эту категорию.

5.59. Неопределенности данных и/или параметров — это неопределенности в значениях параметров, используемых в модели оценки. К этой категории зачастую относят неопределенности, связанные с существенными характеристиками элементов системы, такими как:

- характеристики отходов: радионуклидный состав, физическая и химическая форма, содержание химических веществ, таких как комплексобразующие агенты, опасные вещества и т. п.;
- характеристики упаковки: механические и химические характеристики контейнера и матрицы, состав формы отходов и т. п.;
- характеристики пункта захоронения: размеры, материал засыпки, характеристики бетона и т. п.;
- характеристики геосферы: гидрогеология, геохимические свойства и т. п.;
- характеристики биосферы: свойства почвы, характеристики растительности и т. п.

#### *Анализ неопределенностей и анализ чувствительности*

5.60. Следует различать такие виды неопределенностей, как неопределенности значения переменной, обусловленные ее случайной изменчивостью, их еще называют алеаторными неопределенностями, и неопределенности, связанные с недостатком знаний, так называемые эпистемические неопределенности. Хотя при моделировании с обоими этими видами неопределенностей работают одинаково, их необходимо различать, поскольку возможности их количественной оценки и уменьшения и соответствующие подходы разнятся. В принципе,

алеаторные неопределенности поддаются объективной количественной оценке на основе проведения соответствующих измерений и могут быть описаны при помощи распределений вероятности. Количественная оценка эпистемических неопределенностей всегда носит субъективный характер, произвести такую оценку зачастую очень сложно, а в ряде случаев вообще невозможно. В отличие от алеаторных неопределенностей эпистемические неопределенности иногда (хотя и не всегда) ведут к уменьшению объема последующих исследований. В некоторых ситуациях может быть полезно присвоить вероятности и эпистемическим неопределенностям, с тем чтобы можно было изучить их влияние. Однако эти вероятности необходимо отличать от вероятностей, связанных с алеаторными неопределенностями, поскольку подходы к проведению их количественной оценки различаются, как различаются и вероятности уменьшения эпистемических неопределенностей.

5.61. Анализ неопределенностей — это оценка неопределенностей в конечных точках оценки, обусловленных неопределенностями исходных данных и параметров модели. Анализ чувствительности используется для определения относительной значимости каждого неопределенного исходного параметра для результатов оценки. Подробное описание анализа чувствительности и анализа неопределенностей представлено в публикации [37].

5.62. При определении подхода к учету неопределенностей удобно проводить различие между сценарными неопределенностями, неопределенностями моделирования и неопределенностями данных и/или параметров. Ниже представлены возможные подходы к учету таких неопределенностей.

#### *Учет сценарных неопределенностей*

5.63. Учет сценарных неопределенностей, как правило, предусматривает проведение оценки диапазона сценариев, обычно включающего базовый сценарий и несколько альтернативных сценариев эволюции. Разработку этих сценариев следует производить, используя надлежащие хорошо сформулированные процедуры, в которых варианты и решения структурированы, выстроены и документированы. Подобное сопоставление оценок для различных сценариев даст возможность определить относительную значимость неопределенности с точки зрения эволюции площадки и системы захоронения. Может быть определено, что сценарная

неопределенность является приемлемой в общем контексте обоснования безопасности, или сравнение может указывать на необходимость рассмотрения изменений в проекте.

#### *Учет неопределенностей моделирования и неопределенностей данных и параметров*

5.64. Для каждого сценария необходимо учитывать неопределенности в используемых моделях и значениях параметров. Кроме того, при учете неопределенностей необходимо принимать во внимание корреляции между параметрами. Хотя могут быть предприняты меры с целью уменьшения некоторых неопределенностей, всегда сохраняется часть неопределенностей, требующих надлежащего учета, с тем чтобы результаты оценки можно было использовать для подготовки заключений и принятия решений.

5.65. Наиболее общепринятым подходом к учету неопределенностей моделирования является взаимное сравнение альтернативных моделей, а в ряде случаев также прогнозных данных, полученных в результате моделирования, и эмпирических наблюдений. Разумеется, невозможно произвести непосредственное сравнение данных долгосрочных прогнозов и эмпирических наблюдений.

5.66. Иногда при помощи анализа чувствительности и/или анализа неопределенностей можно продемонстрировать, что рассматриваемая неопределенность незначительна с точки зрения безопасности пункта захоронения. Например, исследование чувствительности может показать, что модель нечувствительна к некоторым параметрам, даже если они изменяются во всем диапазоне возможных значений.

5.67. Еще одним широко применяемым подходом к учету неопределенностей является использование консервативных (осторожных) допущений. Например, консервативный подход можно использовать при упрощении моделей. Другим примером использования такого подхода является присвоение консервативных значений параметрам модели. У этого подхода есть целый ряд преимуществ, в частности для демонстрации соблюдения регулирующих критериев. Однако в некоторых случаях принятие таких консервативных допущений может приводить к включению в объем оценки чрезмерно нереалистичных или даже невозможных ситуаций, которые трудно истолковать и объяснить. Более того, присвоение консервативных значений нескольким параметрам может стать причиной чрезмерной

консервативности результатов расчетов, которые станут плохой основой для принятия решений. Еще одно важное соображение заключается в том, что допущение, являющееся консервативным для одного сценария или одного нуклида, может не являться таковым для другого; например, допущение, переоценивающее миграцию радионуклидов за пределы пункта захоронения, может недооценивать риск, связанный с проникновением человека в долгосрочной перспективе. Таким образом, следует обеспечивать, чтобы уровень консерватизма допущений был обоснован с точки зрения воздействия, которое они оказывают на конечные точки оценки.

5.68. Вероятностные оценки можно использовать для количественного анализа уровней риска, связанных с различными сценариями, с учетом диапазона значений параметров, обусловленного связанными с ними неопределенностями. При вероятностных оценках следует избегать реализаций с комбинациями параметров, соответствующих таким состояниям системы, которые невозможны или весьма маловероятны на практике. Невозможные комбинации параметров могут возникать при моделировании по методу Монте-Карло при осуществлении выборки из распределений вероятности различных переменных, например, если не учитываются корреляции между параметрами. Вероятностные оценки следует также проводить с целью исключения нежелательного «разбавления риска», т. е. маскировки влияния весьма значимого события в какой-то момент срока службы пункта за счет присвоения его последствиям малой значимости в общей оценке риска при умножении на вероятность возникновения события [38].

5.69. Важным вопросом является доведение результатов вероятностных оценок до лиц, принимающих решения, и других заинтересованных сторон. В этих целях полезно выполнять детерминистические расчеты и анализировать сценарии типа «что, если» для наглядной демонстрации влияния неопределенностей на функциональную эффективность системы захоронения. При анализе неопределенностей следует дать заключение об их значимости с точки зрения безопасности и предложить стратегию их учета в будущем.

## УТОЧНЕНИЕ МОДЕЛИ ОЦЕНКИ

5.70. Уровень детализации при разработке модели, а также объем и качество необходимых для этих целей данных будут зависеть от контекста оценки (см. раздел 4). Например, в первых версиях обоснования безопасности

(в частности, на этапах выбора площадки и предпроектных изысканий) вполне уместно ограничиться разработкой относительно простых моделей для проведения скрининга, которые можно реализовать, используя простые компьютерные средства, такие как динамические электронные таблицы, и уже имеющиеся данные. После рассмотрения результатов может оказаться целесообразным усовершенствовать некоторые модели и собрать дополнительные данные, а также начать использовать более сложные компьютерные коды. Модели и данные для последующих пересмотренных вариантов обоснования безопасности и особенно для его окончательного варианта, возможно, потребуется сделать еще более всеобъемлющими.

5.71. Все уроки, извлеченные в процессе моделирования и интерпретации результатов, следует использовать для пересмотра сделанных допущений и решений, принятых при разработке модели. Вероятно, такую информацию можно использовать для уточнения моделей, возможно, путем выявления наиболее важных характеристик, событий и процессов или чувствительных параметров.

## СОПОСТАВЛЕНИЕ С КРИТЕРИЯМИ ОЦЕНКИ

5.72. Дозы облучения людей в будущем могут быть оценены лишь приблизительно, и неопределенности, связанные с этими оценками, будут возрастать в более отдаленные сроки. Можно выполнить оценки доз и рисков, сделанные на весьма отдаленную перспективу, и сравнить их с соответствующими критериями с целью формирования понимания приемлемости пункта захоронения с точки зрения имеющегося понимания системы захоронения. Подобные оценки не следует рассматривать в качестве прогнозов вреда, который будет причинен здоровью человека в будущем.

5.73. Сравнение расчетных доз с оценками доз, которые могут быть получены в результате воздействия радионуклидов природного происхождения, также может рассматриваться в качестве полезного показателя влияния системы захоронения в весьма отдаленной перспективе. Следует также рассмотреть такие показатели, как концентрации активности в окружающей среде или удерживающая способность системы захоронения.

5.74. Результаты анализа сценариев проникновения человека в случае пунктов приповерхностного захоронения следует сравнивать с критериями, изложенными в пункте 5.22. Однако и в случае других объектов, помимо

пунктов приповерхностного захоронения, таких как пункты геологического захоронения, где вероятность проникновения человека практически исключена, оценка сценариев с проникновением человека также может быть выполнена с целью проверки устойчивости системы. Следует обеспечивать, чтобы рассмотрение возможностей проникновения человека было одним из аспектов выбора площадки.

## **6. КОНКРЕТНЫЕ ВОПРОСЫ**

6.1. В настоящем разделе содержатся руководящие материалы по ряду вопросов, требующих особого внимания при разработке обоснования безопасности пункта захоронения радиоактивных отходов. К этим вопросам относятся:

- роль и содержание обоснования безопасности на различных стадиях разработки пункта захоронения;
- дифференцированный подход;
- глубокоэшелонированная защита;
- устойчивость системы захоронения и оценки безопасности;
- временные интервалы, рассматриваемые при оценке;
- проникновение человека;
- ведомственный контроль;
- возможность извлечения (перезахоронения) отходов;
- оценка вариантов.

### **ЭВОЛЮЦИЯ ОБОСНОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ**

6.2. В ходе своей эволюции обоснование безопасности будет проходить следующие стадии:

- разработка концепции;
- исследования площадки и отбор площадки;
- разработка проекта и строительство;
- эксплуатация и закрытие;
- период после закрытия.

Особенно в начале разработки пункта захоронения эти стадии могут накладываться друг на друга и может оказаться необходимой определенная итерация. В настоящем разделе рассматривается роль и содержание обоснования безопасности на каждой из этих стадий.

6.3. Уровень детализации в обосновании безопасности на каждой стадии будет зависеть от типа пункта захоронения, применяемых технологий и других факторов, и его следует определять в соответствии с дифференцированным подходом.

### **Разработка концепции**

6.4. Первым этапом в разработке пункта захоронения является определение концепции. В обосновании безопасности на этом этапе следует описать стратегию безопасности и способ ее реализации. На этом этапе абсолютно невозможно дать подробное описание и оценку пункта захоронения. Тем не менее может быть доступна некоторая исходная информация, например о типе вмещающих пород. Кроме того, следует рассмотреть ключевые аспекты, связанные со стратегией безопасности и концептуальным проектом пункта захоронения. Ввиду отсутствия каких-либо количественных данных, в обосновании безопасности необходимо будет представить качественное обоснование принятой стратегии безопасности. Кроме того, следует изложить и объяснить подход к оценке безопасности, системе менеджмента и управлению неопределенностями, даже несмотря на то что эти аспекты и претерпят существенные изменения на последующих этапах реализации проекта.

6.5. В соответствии с применением стратегии безопасности в отношении пункта захоронения и его элементов, в обосновании безопасности следует описать, как элементы системы захоронения по отдельности или в комбинации обеспечат соблюдение всех требований безопасности. В целом в обоснование безопасности следует включать описание функций безопасности, выполняемых каждым элементом системы захоронения (как при эксплуатации, так и в период после закрытия), и следует обеспечивать, чтобы оно содержало оценку способности этих элементов (включая естественные барьеры) выполнять отведенную им роль. В обосновании безопасности также следует рассмотреть вопросы технико-экономической осуществимости строительства. В отношении всех этих аспектов следует привести обоснование выдвинутых утверждений о функциональной эффективности системы захоронения и указать неопределенности, остающиеся на конкретных этапах реализации проекта.

6.6. В обосновании безопасности следует разъяснить, каким образом характеристики и свойства каждого элемента системы захоронения будут выполнять заданные им функции безопасности, а также как они будут изменяться со временем. Подобное разъяснение следует подкрепить:

- общими сведениями о технической осуществимости предлагаемых проектных решений, указав как аспекты, основанные на использовании уже зарекомендовавших себя технологий, так и новые аспекты, требующие проведения в будущем экспериментальных испытаний;
- общими сведениями об уровне знаний о способности каждого элемента системы захоронения выполнять свою ожидаемую роль в предполагаемых условиях и при возникновении возмущающих событий, определенных как возможные возмущения;
- оценкой того, как элементы системы захоронения будут совместно, взаимодополняющим образом функционировать в целях обеспечения надлежащей глубоководной защиты, а также отсутствия чрезмерной зависимости безопасности от какой-либо единственной функции безопасности.

Эти факторы следует дополнить общими сведениями о программе характеристики площадки и программе научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, запланированных с целью показать, каким образом будет получаться отсутствующая информация в будущем.

6.7. На стадии определения концепции оценка безопасности может носить весьма предварительный характер. Тем не менее желательно выполнить такую предварительную оценку, поскольку она дает возможность на основании общих представлений об эволюции площадки сформировать понимание порядка и масштабов возможных воздействий, а также инициировать процесс выявления характеристик пункта захоронения и окружающей среды, которые могут оказаться важными с точки зрения безопасности.

6.8. В обоснование безопасности следует также включать информацию о системе менеджмента, причем особое внимание при этом следует уделить срокам реализации проекта, а также итеративному характеру проекта в рамках этих сроков. На этом раннем этапе подготовки обоснования безопасности следует описать организационную структуру и ресурсы, требующиеся для реализации проекта, программу планирования проекта

и систему, которая будет использоваться для управления информацией. На этой стадии следует разработать и внедрить механизмы информационного взаимодействия с регулирующим органом и заинтересованными сторонами.

### **Исследование площадки и отбор площадки**

6.9. Следует обеспечивать, чтобы на стадии исследования площадки и отбора площадки обоснование безопасности использовалось для определения одной или нескольких потенциально пригодных площадок захоронения и содействовало переходу к следующему этапу разработки. Обоснование безопасности и его содержание будут развиваться по мере реализации проекта с точки зрения как инженерно-технических работ, так и характеристики различных природных и инженерно-технических элементов системы захоронения. На этой стадии оценка безопасности первоначально носит лишь общий характер, но она будет эволюционировать по мере разработки проекта и повышения уровня детализации при определении характеристик площадки. На этой стадии следует также определить критерии отклонения площадки и желаемые характеристики площадки; следует обеспечивать, чтобы характеристика площадки позволяла проверить, обладает ли рассматриваемая площадка желаемыми характеристиками, или ее следует отклонить на основе сопоставления с критериями.

6.10. На стадии исследования и отбора площадки следует дать описание ее основных характеристик, показывающих, каким образом для рассматриваемой(ых) площадки(ок) будет реализована в рамках предлагаемых вариантов проекта функция безопасности каждого природного и инженерно-технического элемента. Это описание следует подкрепить:

- краткими сведения об уровне знаний о способности каждого элемента системы захоронения выполнять ожидаемую от него роль, в том числе при возникновении возмущающих событий, определенных как возможные возмущения;
- программой научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ с целью проверки ожидаемых свойств площадки, определенных на стадии разработки концепции; для программ по разработке пунктов захоронения высокоактивных отходов это может включать разработку и эксплуатацию подземной научно-исследовательской лаборатории;

- оценкой вместимости площадки и ее способности принимать для размещения как существующие, так и предполагаемые в будущем потоки отходов;
- предварительной оценкой, выявляющей, в частности, возмущения, воздействию которых может подвергнуться как каждый элемент, так и пункт захоронения в целом и которые имеют как внутреннее (например, изменения, связанные с термическими, химическими, механическими, радиологическими параметрами или параметрами реактивности), так и внешнее происхождение (например, проникновение человека, изменение климата, сейсмичность);
- положительными результатами исследования поведения материалов элементов (как правило, металла, глины и бетона), необходимых для обеспечения безопасности пункта захоронения;
- предложениями о том, как техническая осуществимость системы захоронения будет продемонстрирована с помощью соответствующих программ аттестации и подтверждения функциональной эффективности;
- демонстрацией того, что как минимум один из предлагаемых вариантов проекта имеет хорошие перспективы реализации, т. е. основан на уже апробированных и/или легко демонстрируемых характеристиках, а также дает возможность учета неопределенностей, связанных с ожидаемой функциональной эффективностью различных элементов системы захоронения;
- рассмотрением вновь того, как элементы системы захоронения будут функционировать совместно и взаимодополняющим образом с целью обеспечения надлежащей глубоководной защиты, включая всестороннее подтверждение общей совместимости элементов системы;
- определением областей, где присутствуют важные, с точки зрения безопасности, неопределенности, управление которыми необходимо будет обеспечивать в качестве части демонстрации безопасности.

6.11. Следует обеспечивать, чтобы разработка сценариев и возможности моделирования при оценке были достаточно продвинутыми и позволяли оценивать с надлежащей уверенностью, как минимум, порядок величины воздействий. В этой связи даже если перечень выбранных сценариев и результаты их анализа нельзя считать исчерпывающими, в них следует рассматривать ожидаемую эволюцию пункта захоронения в нормальных условиях и учитывать выявленные основные потенциальные возмущающие события.

6.12. Следует предоставлять обоснование всех основных допущений и принятых упрощений. Для оценки устойчивости системы и ее элементов в помощь определению направлений и обновлению программы научных исследований, а также разработке проекта пункта захоронения следует провести работы по анализу чувствительности.

6.13. В обоснование безопасности следует включать актуализированную информацию о системе менеджмента, при этом особое внимание следует уделять:

- имеющимся организационным структурам и процедурам, обеспечивающим эффективное управление работами по оценке безопасности, а также надлежащий контроль качества сбора данных, особенно данных о площадке;
- общему планированию работ, в частности планам привлечения регулирующего органа и других заинтересованных сторон;
- внедрению системы ведения документации, в которую следует включать как данные о площадке, так и обоснование безопасности и вспомогательную оценку безопасности;
- надлежащему выделению ресурсов, необходимых для перехода на последующие этапы реализации проекта.

### **Разработка проекта и сооружение**

6.14. На стадии разработки проекта и сооружения следует продолжать разработку обоснования безопасности, так чтобы можно было продемонстрировать, что в принятом проекте пункта захоронения будут соблюдены требования безопасности при захоронении и что применяемый подход является обоснованным. Кроме того, следует обеспечивать, чтобы обоснование безопасности способствовало уточнению проекта в рамках выбранного варианта обращения с отходами и выбранной концепции захоронения.

6.15. При оценке безопасности следует продемонстрировать, что потеря функции безопасности одного элемента не создает угрозы безопасности всей системы в целом. Таким образом, в оценке безопасности следует привести достаточно проработанный анализ инженерно-технических аспектов и воздействия пункта захоронения.

6.16. Следует произвести оценку как эксплуатационной безопасности, так и безопасности в долгосрочной перспективе. До начала экскавационных и/или строительных работ, а также до ввода пункта захоронения в эксплуатацию следует разработать и реализовать соответствующие программы мониторинга и наблюдения.

6.17. В обосновании безопасности и вспомогательной оценке безопасности следует рассмотреть влияние всех внесенных в проект изменений, реализованных в период проведения экскавационных и/или строительных работ. Этот процесс следует подкреплять посредством:

- обновления уровня понимания возможностей каждого элемента системы захоронения выполнять свои проектные функции в условиях нормальной эволюции и при возникновении возмущающих событий, представляющих собой как ожидаемые события, так и менее вероятные события. В это следует включать полномасштабную характеристику площадки, максимальное количество отходов, размещаемое в пункте захоронения, в том числе радиологические характеристики и другие свойства отходов, перечень конструктивных особенностей системы и их объяснение, подкрепленное, где требуется, результатами проведенных испытаний, а также демонстрацией найденных прототипов критически важных элементов;
- выбора технологий строительства и их валидации, т. е. демонстрации того, что эти технологии в необходимой степени обеспечивают выполнение естественными барьерами функций удержания и изоляции;
- выявления областей, где все еще сохраняются важные, с точки зрения безопасности, неопределенности, управление которыми необходимо будет обеспечивать в качестве части демонстрации безопасности.

6.18. На этой стадии в обоснование безопасности следует включать информацию, демонстрирующую качество произведенной оценки, в частности информацию об обоснованности выбранного набора сценариев и рассмотренных ситуационных задач, а также использованных моделей и кодов, в том числе обоснование выбранных моделей и доказательства их адекватности. Кроме того, следует представить методы, использованные в целях верификации и, насколько возможно, валидации моделей и кодов.

6.19. В рамках оценки безопасности следует произвести анализ чувствительности и анализ неопределенностей. Это предусматривает выявление основных источников неопределенностей, оценку влияния

этих неопределенностей на полученные результаты и разработку программы уменьшения неопределенностей, например, путем проведения дополнительных научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ. В качестве альтернативного варианта можно постараться исключить неопределенности (например, посредством использования лучше понимаемых материалов) или смягчить их влияние (например, путем увеличения размеров некоторых барьеров).

6.20. В обосновании безопасности следует представить актуализированную информацию о системе менеджмента, при этом особое внимание следует уделить:

- имеющимся организации и процедурам, обеспечивающим качество выполненных проектных работ, их взаимосвязь с результатами научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ и работ по характеристике площадки и оценке безопасности;
- общей деятельности по планированию, в частности планам по привлечению регулирующего органа и других заинтересованных сторон, а также проведению периодической и систематической оценки реализации этих планов;
- внедрению системы ведения и контроля документации, охватывающей данные, информацию и записи о принятых решениях. Следует фиксировать информацию об основе проекта и о его изменениях, а также об их валидации.

6.21. Следует предоставлять всю соответствующую информацию с целью поддержки процесса принятия решений, включая ссылки на результаты других проектов по захоронению и источники информации.

### **Эксплуатация и закрытие пункта захоронения, а также период после закрытия**

6.22. После завершения строительства следует продолжать разработку обоснования безопасности, используя непрерывный процесс рассмотрения и уточнения; подробные рекомендации по содержанию обоснования безопасности на стадии эксплуатации и закрытия, а также в период после закрытия приведены в разделах 4 и 5.

## ДИФФЕРЕНЦИРОВАННЫЙ ПОДХОД

6.23. Следует обеспечивать, чтобы обоснование безопасности и вспомогательная оценка безопасности основывались на надлежащем уровне понимания системы захоронения и ее возможного поведения в будущем и чтобы были рассмотрены и проанализированы все вопросы, имеющие отношение к безопасности. Однако в соответствии с принципом 5, изложенном в публикации [1], «ресурсы, выделяемые лицензиатом на обеспечение безопасности, сфера действия и строгость правил и их применение должны быть соразмерны с масштабами радиационных рисков и возможностью их контролировать». Согласно этому принципу, обоснование безопасности следует разрабатывать, а оценку безопасности следует проводить только до такого уровня детализации, который соответствует как величине рисков, так и стадии разработки пункта захоронения.

6.24. Настоящее Руководство по безопасности применимо к широкому спектру типов отходов и пунктов захоронения и, в зависимости от характеристик конкретных площадок и конкретных пунктов захоронения, с ними могут быть связаны разные уровни опасности и риска. Поэтому для учета различных уровней опасности и риска в обосновании безопасности и вспомогательной оценке безопасности требуется использовать дифференцированный подход. Таким образом, можно ожидать, что для разработки обоснования и оценки безопасности пунктов захоронения высокоактивных отходов потребуются больший объем работ, чем для пунктов захоронения низкоактивных отходов и пунктов захоронения полигонного типа. Хотя данное утверждение в целом корректно, обоснование безопасности и тщательно проработанная оценка безопасности необходимы также и для пунктов захоронения низкоактивных отходов, причем степень их детализации зависит от факторов, связанных с площадкой, проекта пункта захоронения, характеристик отходов, подлежащих захоронению, и других факторов. Некоторые разделы обоснования и оценки безопасности пункта приповерхностного захоронения могут потребовать даже большего объема работ, чем в случае пунктов геологического захоронения. Примером является оценка проникновения человека, которое может рассматриваться как малозначимое событие для расположенного на хорошо выбранной площадке пункта геологического захоронения, но может считаться почти совершенно неприемлемым в случае пункта приповерхностного захоронения. Уровень детализации обоснования и оценки безопасности следует определять, прежде всего, по результатам относительно простого анализа, позволяющего определить уровни возможного риска, связанного с пунктом захоронения.

6.25. Для определения объема усилий, которые следует затратить на подготовку обоснования и оценки безопасности или рассмотрения конкретного пункта захоронения, элемента системы захоронения (например, характеристики конкретного барьера) или процесса, оказывающего влияние на функциональную эффективность системы захоронения, можно использовать различные критерии. В публикации [3] изложены следующие критерии, которые необходимо учитывать при применении дифференцированного подхода: возможные радиационные риски и зрелость проекта и сложность типа пункта захоронения. Использование этих критериев при оценке безопасности пунктов захоронения обсуждается в пунктах 6.26–6.28.

6.26. В соответствии с положениями публикации [3], наиболее важным критерием, который необходимо принимать во внимание, обычно является значимость с точки зрения безопасности. Функциональную эффективность пункта захоронения следует рассматривать с точки зрения выбросов радиоактивного материала при нормальной эксплуатации, ожидаемых при эксплуатации событиях и обоснованно прогнозируемых возмущающих событиях, а также потенциальной значимости маловероятных событий с потенциально серьезными последствиями. Этот критерий можно применять непосредственно как на стадии эксплуатации пункта захоронения, так и на стадии после его закрытия. За основу следует принимать результаты оценки выбросов радиоактивного материала при нормальной эволюции и реализации альтернативных сценариев эволюции, включая учет возмущающих событий и процессов. Вопросам, которые, как представляется, имеют важное значение для безопасности только на основе результатов оценочных расчетов (доз и вероятностей) для сценариев «что, если» следует уделять относительно меньшее внимание (см. пункт 5.39).

6.27. Степень зрелости проекта также можно использовать в качестве ориентира при определении объема работ по оценке или рассмотрению конкретного пункта захоронения, элемента системы захоронения или процесса, оказывающего влияние на функциональную эффективность системы захоронения. В этом смысле рассмотрение зрелости может касаться: i) использования хорошо зарекомендовавших себя видов практики, процедур и проектных решений; ii) имеющегося объема знаний о функциональной эффективности аналогичных объектов или видов практики (а также о связанных с ними неопределенностях); и iii) наличия опытных производителей, строителей и специалистов по оценке безопасности. В целом с увеличением уровня зрелости необходимая глубина оценки и объем работ по рассмотрению уменьшаются. Хотя критерий зрелости и применим

к пунктам захоронения радиоактивных отходов, необходимо понимать, что реальные данные по долгосрочной функциональной эффективности пунктов захоронения отсутствуют. Также нужно понимать, что количество пунктов захоронения невелико, а каждая система захоронения уникальна.

6.28. Сложность также может использоваться в качестве ориентира для принятия информированных решений об объеме работ, необходимых при оценке или рассмотрении конкретного пункта захоронения, элемента системы захоронения, процесса или модели оценки. Как правило, в пунктах захоронения сложные активные системы или сложные элементы не требуются. Сложный проект пункта захоронения может потребовать соответственно сложного представления проекта пункта захоронения при оценке безопасности. Поэтому во многих системах захоронения простота проекта рассматривается в качестве достоинства (например, потому что проще разработать убедительное обоснование безопасности для простой системы). Прежде, чем разрабатывать сложную оценку безопасности, оператору следует рассмотреть возможность устранения сложностей в оценке безопасности за счет принятия более простого проекта пункта захоронения.

## ГЛУБОКОЭШЕЛОНИРОВАННАЯ ЗАЩИТА

6.29. Применение концепции глубокоэшелонированной защиты в отношении пунктов захоронения изложено в публикации [2], требование 7 которой гласит:

«Окружающая установку для захоронения среда должна быть выбрана, инженерно-технические барьеры должны быть спроектированы и эксплуатация установки должна осуществляться таким образом, чтобы безопасность обеспечивалась посредством выполнения множественных функций безопасности. Удержание и изоляция отходов должны обеспечиваться несколькими физическими барьерами системы захоронения. Работоспособность этих физических барьеров должна обеспечиваться посредством различных физических и химических процессов... Должна быть продемонстрирована потенциальная способность как отдельных барьеров и средств контроля, так и всей системы захоронения функционировать так, как это определено в обосновании безопасности. Общая работоспособность системы захоронения не должна чрезмерно зависеть от одной функции безопасности».

В публикации [2] (в пункте 1.16), кроме того, говорится: «В соответствии с дифференцированным подходом... способность выбранной системы захоронения обеспечивать удержание отходов и изолировать их от людей и окружающей среды должна быть соразмерной потенциальным рискам, связанным с отходами». Как следствие, количество барьеров, необходимых для выполнения требований, и их параметры зависят от вида подлежащих захоронению отходов. Следует обеспечивать, чтобы оценка глубокоэшелонированной защиты предусматривала анализ уровней защиты, обеспечиваемых барьерами пункта захоронения (см. пункт 3.9 и раздел 4) [3].

6.30. Возможности реализации корректирующих мер с целью повлиять на эволюцию пункта захоронения ограничены. После закрытия такие меры могут быть приняты только в течение периода ведомственного контроля. Вообще говоря, период времени, в течение которого будет необходимо обеспечивать удержание и изоляцию отходов, значительно превышает продолжительность периода ведомственного контроля. Следовательно, основное внимание при реализации принципа глубокоэшелонированной защиты пункта захоронения следует уделять обеспечению того, чтобы при проектировании и сооружении пункта захоронения выполнялись множественные взаимодополняющие функции безопасности.

6.31. Оценка глубокоэшелонированной защиты становится нормальной практикой при подготовке обоснования безопасности пунктов захоронения отходов. Она включает определение разнообразных требований и функций безопасности системы захоронения, а также проектирование пункта захоронения и, в частности, инженерно-технических барьеров с целью выполнения этих функций безопасности, а также оценку функциональной эффективности системы захоронения и барьеров с точки зрения их способности выполнять функции безопасности.

6.32. Функции безопасности выполняются элементами пункта захоронения, такими как физические или химические свойства части системы захоронения, а также процесс или комбинация процессов, которые способствуют удержанию и изоляции отходов (например, низкая гидравлическая проводимость, малая интенсивность коррозионных процессов, медленное растворение матрицы отходов, низкие скорости выщелачивания радионуклидов, низкая растворимость радионуклидов, высокая сорбция). Меры активного контроля, такие как предотвращение проникновения человека или мониторинг, также могут обеспечивать функции безопасности или способствовать повышению уверенности в



РИС. 5. Иллюстрация связи между функциями безопасности и временем для одной концепции захоронения отработавшего ядерного топлива и высокоактивных отходов [11]. I = изоляция; C = удержание; R = замедление.

естественных и инженерно-технических барьерах и реализации функций безопасности, однако, при этом следует помнить об ограничениях, связанных с продолжительностью использования подобных мер (см. пункты 6.66–6.73 о проведении ведомственного контроля).

6.33. В обосновании безопасности следует оценить, является ли проект пункта захоронения таким, что функции безопасности дополняют друг друга в плане предотвращения миграции радионуклидов. Это означает, что следует выяснить, компенсируется ли недостаток одной из связанных с безопасностью характеристик предусмотренным в проекте выполнением других функций безопасности. С течением времени предотвращение миграции радионуклидов последовательно выполняется различными элементами пункта захоронения. Следует продемонстрировать, что, если

один элемент выполняет не в полной мере или полностью перестает выполнять свою функцию безопасности, безопасность обеспечивается другими элементами.

6.34. Следует оценивать взаимодополняющее выполнение различных функций безопасности в течение разных периодов времени. Следует, насколько возможно, предусматривать независимость каждой функции безопасности от других с целью обеспечения их взаимодополняемости, а также низкой вероятности отказа барьеров вследствие единичного отказа. В обосновании безопасности следует объяснять и обосновывать функции, выполняемые каждым барьером, и указывать периоды времени, в течение которых барьеры, как ожидается, должны выполнять свои различные функции безопасности наряду с альтернативными или дополнительными функциями, реализуемыми в случае неспособности одного из барьеров выполнять свои функции в полном объеме (например, рис. 5). На рис. 5 показаны периоды, в течение которых различные функции безопасности выполняются в одной концепции захоронения отработавшего ядерного топлива и высокоактивных отходов в «бумской глине»<sup>11</sup>. В этом примере предполагается, что инженерно-технические барьеры обеспечат полное удержание отходов в течение всего периода, когда в пункте захоронения будут иметь место повышенные температуры, т. е. в течение нескольких тысяч лет. Предполагается, что впоследствии замедлять миграцию радионуклидов будет бумская глина. Более подробное описание данного конкретного примера содержится в публикации [11].

6.35. Подробный анализ выполнения различных функций безопасности элементами пункта захоронения можно произвести, связывая функции безопасности пункта захоронения с поддающимися измерению или расчету величинами. Например, если определенный барьер выполняет функцию безопасности, отвечающую за ограничение потока воды, то гидравлическую проводимость барьера можно использовать в качестве количественной величины для оценки степени выполнения данной функции безопасности. В таком случае гидравлическую проводимость барьера принимают за «показатель функции безопасности» для данной функции безопасности. Таким образом, показатель функции безопасности — это измеряемое или рассчитываемое значение, с помощью которого можно количественно оценить функцию безопасности. Для того чтобы определить, будет ли и далее выполняться функция безопасности, следует определить количественные критерии для оценки показателя этой

---

<sup>11</sup> Умеренно набухающая глина, обнаруженная в районе города Бум, Бельгия.

функции безопасности в течение периода времени, рассматриваемого при оценке безопасности. Определение априорного количественного значения показателя функции безопасности может помочь инициировать процесс оптимизации, однако его не следует рассматривать в качестве самоцели (по крайней мере, на первых стадиях разработки обоснования безопасности), поскольку удовлетворительное выполнение функции безопасности может зависеть от сочетания нескольких процессов и элементов, характеристики которых можно скорректировать или изменить путем последующего внесения изменений в проект или в режим эксплуатации.

6.36. Критерии, позволяющие определить соблюдение показателей функции безопасности, смогут помочь понять, будет ли обеспечиваться безопасность. Поскольку имеется целый ряд функций безопасности, показателей функций безопасности и критериев, несоблюдение какого-либо одного критерия отдельным показателем функции безопасности вовсе не обязательно означает, что в системе захоронения не соблюдаются регулирующие пределы или целевые значения (например, в отношении дозы или риска), а, скорее, означает, что для оценки безопасности необходимы более тщательные анализы и уточненные данные (см. публикацию [13]). Другие способы демонстрации глубокоэшелонированной защиты включают оценку других мер функциональной эффективности пункта захоронения (например, удержания различных радионуклидов разными барьерами) и представление результатов.

6.37. Кроме того, при разработке некоторых пунктов захоронения отходов использовались сценарии типа «что, если» (см. пункт 5.39). В подобных сценариях, например, делаются допущения об отсутствии какого-либо барьера или функции безопасности или, в случае пунктов приповерхностного захоронения, о невыполнении ведомственного контроля в течение предусмотренного периода ведомственного контроля. Такие сценарии дают возможность исследовать реагирование системы захоронения на возмущения, даже если такие возмущения считаются чисто гипотетическими. Однако, несмотря на допущения об отсутствии определенной функции безопасности, принятые в рамках сценария «что, если», все же необходимо прилагать усилия, с тем чтобы обеспечить продолжение выполнения данной функции безопасности, поскольку она является элементом глубокоэшелонированной защиты пункта захоронения.

## УСТОЙЧИВОСТЬ

6.38. Понятие устойчивости может применяться как к отдельным элементам системы захоронения, так и к системе захоронения в целом, а также к оценке безопасности.

6.39. Устойчивость элемента системы захоронения означает, что он продолжает выполнять свою ожидаемую функцию (функции) безопасности независимо от неблагоприятных событий, возникновение которых можно обоснованно ожидать (см. пункты 4.33 и 4.51). При выборе площадок, например, можно отдавать предпочтение тем из них, которые в наименьшей степени подвержены воздействию природных процессов, таких как наводнения или землетрясения. Аналогичным образом при проектировании инженерно-технических барьеров устойчивость может обеспечиваться, например, путем расширения параметров определенных элементов за пределы необходимых значений, с тем чтобы обеспечить их устойчивость к воздействию возмущений и неопределенностей.

6.40. Устойчивость системы захоронения является родственным понятием, описывающим устойчивость отдельных элементов, а также их взаимодействия. Концептуально оно шире, чем устойчивость только одного элемента системы. Оценка устойчивости системы захоронения основана на нескольких элементах:

- демонстрации устойчивости отдельных барьеров и выполняемых ими функций безопасности;
- оценке концепции глубокоэшелонированной защиты, т. е. присутствию множественных разнообразных функций безопасности с целью обеспечить, что общая функциональная эффективность системы захоронения не зависит от какой-либо единственной функции безопасности, отказ или неожиданно низкая функциональная эффективность которой могут привести к недопустимым радиологическим последствиям (см. пункты 6.29–6.37);
- верификации применения надлежащей инженерно-технической практики (демонстрируемости и технико-экономической обоснованности);
- демонстрации обеспечения безопасности пассивными средствами.

6.41. Оценка устойчивости системы захоронения производится путем сопоставления результатов анализа базового сценария с результатами, полученными для ряда сценариев, описывающих конкретные возмущения

или неопределенности. Среди различных видов возмущений наиболее часто рассматриваются случаи отказа единственного элемента или одной характеристики этого элемента (сценарии типа «что, если»). Сценарии, предусматривающие воздействие таких сильных возмущений на систему захоронения, отличаются от сценариев, описывающих поведение системы захоронения при ее деградации.

6.42. Устойчивость и надежность оценки безопасности, требуемая в публикации [3], является родственным понятием и означает нечувствительность результатов оценки безопасности к неопределенностям сценариев, моделей и данных. Устойчивость оценки безопасности зависит от проекта пункта захоронения, поскольку связанная с оценкой степень неопределенности в некоторой степени определяется физическими и химическими свойствами элементов системы и их взаимодействием с окружающей средой.

#### ВРЕМЕННОЙ ИНТЕРВАЛ, РАССМАТРИВАЕМЫЙ ПРИ ОЦЕНКЕ

6.43. Временной интервал, рассматриваемый при оценке, представляет собой период времени, охватываемый расчетами при оценке. В рамках временного интервала, рассматриваемого при каждой оценке, может понадобиться рассмотреть более одного временного окна. Далеко не всегда имеется полная научная база в отношении выбора временного интервала, рассматриваемого в расчетах, выполняемых при оценке безопасности. В таких случаях решения о продолжительности этих временных интервалов следует принимать в рамках процесса регулирования.

6.44. При определении продолжительности временных интервалов, рассматриваемых при оценке, следует учитывать национальные регулирующие положения и руководящие материалы регулирующих органов, а также характеристики конкретного пункта захоронения, площадки и подлежащих захоронению отходов. Ниже перечислены другие факторы, которые следует учитывать при принятии решения о продолжительности временного интервала и временных окон, рассматриваемых при оценке:

- следует обеспечивать, чтобы расчеты, выполняемые при оценке безопасности, охватывали временной период, продолжительность которого достаточна для определения максимальных или пиковых значений дозы или риска. Однако подобное возможно не всегда. Например, в случае захоронения долгоживущих отходов (например,

отходов добычи урана) на поверхности или вблизи поверхности, когда имеются неопределенности, связанные с долговечностью инженерно-технических барьеров (например, дамб и укрытий), значения доз и рисков могут оставаться постоянными или даже повышаться в течение продолжительного времени в будущем, т. е. в течение временных интервалов, в которых неопределенности в оценке существенно возрастают и ограничивают ее достоверность. Это может в целом ограничивать временные рамки, рассматриваемые при оценке, или, как минимум, временные рамки, рассматриваемые при количественных оценках;

- с течением временем могут изменяться несколько факторов, оказывающих значительное влияние на результаты оценки безопасности. Например, ландшафт местности или гидрологический режим на площадке пункта захоронения и в ее окрестностях могут изменяться в результате климатических изменений, а значит, могут изменяться как сами реципиенты воздействия, так и их поведенческие модели. Такие возможные изменения следует учитывать при оценках захоронения отходов, содержащих долгоживущие радионуклиды. В некоторых оценках в качестве средства анализа возможной эволюции системы захоронения рассматриваются один или несколько климатических сценариев, включающих будущие ледниковые периоды или циклы. Временные интервалы, рассматриваемые при оценке, следует определять с учетом возможных изменений на площадке;
- решение о временном интервале, рассматриваемом при оценке, влияет на тип и тяжесть возмущающих событий, рассматриваемых при оценке безопасности. Например, наводнение или землетрясение, которое, как ожидается, может произойти один раз в тысячу лет, может оказаться более разрушительным, чем наводнение или землетрясение, которое, как ожидается, может произойти один раз в сто лет.

6.45. В связи со сложностью и изменчивостью этих факторов невозможно установить универсальные временные рамки, для которых можно получить достоверные количественные результаты при моделировании. Для пунктов поверхностного захоронения (например, отходов добычи урана) неопределенности в результатах моделирования будут становиться значимыми уже при рассмотрении периодов в несколько сотен лет, что делает бессмысленными количественные оценки на период более тысячи лет. В случае пунктов приповерхностного захоронения с использованием инженерно-технических средств, подвергающихся воздействию процессов, способных нарушить их целостность (например, эрозии, проникновения

человека), это проявляется в меньшей степени или с меньшей вероятностью, и при моделировании можно вполне обоснованно использовать периоды в несколько тысяч лет. В случае пунктов более глубокого захоронения, таких как пункты геологического захоронения, вполне достоверные результаты дает моделирование верхних границ возможных доз облучения даже на периоды в несколько десятков тысяч лет.

6.46. Для того чтобы иметь возможность рассмотрения различных сценариев, может потребоваться определить несколько временных окон в одном обосновании безопасности. Например, некоторые сценарии могут предусматривать события, вызывающие нарушение работы и/или разрушение пунктов захоронения определенных типов. На некоторых площадках эрозия или оледенение могут приводить к разрушению пунктов приповерхностного захоронения. Хотя временной интервал, в течение которого может ожидаться оледенение, не актуален для отходов, содержащих в основном короткоживущие радионуклиды, пункты захоронения хвостов обогащения урана могут подвергнуться оледенению, что ограничивает временной интервал для значимой оценки пунктов поверхностного хранения таких отходов. В качестве еще одного примера, для определенных видов отходов потребуются рассматривать необходимость учитывать предотвращение возникновения критичности, а временной интервал, в течение которого критичность может обоснованно возникнуть, следует определять в значительной мере путем рассмотрения процессов радиоактивного распада радионуклидов и прироста их количества. Кроме того, определение нескольких временных интервалов в одной оценке безопасности может также оказаться желательным в целях представления информации. Например, определение более чем одного временного интервала дает возможность выполнения в рамках оценки нескольких расчетов и их представления с разной степенью детализации и/или с разной степенью консерватизма или реализма.

6.47. На основе этих соображений весь срок службы пункта захоронения можно проанализировать с помощью одной или нескольких серий оценочных расчетов. В таких случаях следует, насколько это возможно, показывать, что совокупность произведенных расчетов охватывает весь период и что в отношении всего периода, рассматриваемого при оценке, были сделаны непротиворечивые допущения или что несоответствия надлежащим образом обоснованы. В некоторых случаях с целью демонстрации обеспечения безопасности для различных периодов, рассматриваемых при оценке, могут приниматься различающиеся или даже противоречащие друг другу допущения, поскольку допущения,

являющиеся консервативными для одного конкретного периода, вовсе не обязательно являются консервативными для другого периода. Например, в период эксплуатации консервативным может быть допущение, принятое относительно выброса радиоактивных веществ, в то время как для периода после закрытия консервативным может быть допущение, что в пункте захоронения по-прежнему остается все количество отходов. В таких случаях намеренно введенные различия и противоречия в допущениях следует тщательно документировать и обосновывать, с тем чтобы не дискредитировать все обоснование безопасности как основанное на противоречивых допущениях.

6.48. Временной интервал, рассматриваемый при оценке, часто остается фиксированным в различных итерациях оценки безопасности. Тем не менее в других случаях может понадобиться изменить временной интервал, рассматриваемый в разных итерациях оценки безопасности, с целью отражения вновь полученной информации. Например, может потребоваться расширить временной интервал, рассматриваемый при оценке, для обеспечения учета максимальной или пиковой дозы в оценочных расчетах. Это может понадобиться, если новая информация свидетельствует, что в отходах будут содержаться более значительные количества долгоживущих радионуклидов, чем предполагалось ранее. Напротив, может потребоваться ограничить временной интервал, рассматриваемый при количественной оценке, до периодов, на протяжении которых результаты оценки безопасности остаются достоверными с учетом неопределенностей. С тем чтобы не ограничивать временной интервал, рассматриваемый при оценке, в качестве альтернативы можно уменьшить объем внимания, уделяемого количественным результатам, полученным в отношении поздней части временного интервала, рассматриваемого при оценке. Однако во всех подобных случаях в обосновании безопасности следует надлежащим образом учитывать воздействия за пределами периода количественных оценок.

6.49. Кроме того, в обосновании безопасности следует рассмотреть эволюцию пункта захоронения и его потенциальное воздействие в периоды после окончания временного интервала, рассматриваемого в расчетах оценки безопасности, если предполагается, что в этот момент времени все еще сохраняются угрозы, которыми нельзя пренебрегать. Это следует делать с помощью упрощенных расчетов и качественных аргументов, стараясь не применять количественные критерии безопасности. Например, в случае пунктов глубинного геологического захоронения отходов можно воспользоваться аргументацией о геологической стабильности площадки.

6.50. Для любого заданного момента времени эволюции пункта захоронения и окружающей его среды основное внимание в обосновании безопасности следует уделять тем функциям безопасности, которые, как ожидается, являются наиболее эффективными, и тем аргументам, которые считаются наиболее убедительными. Например, первоначально можно с уверенностью ожидать, что контейнеры обеспечивают полное удержание отходов и, соответственно, при аргументации безопасности можно подчеркивать доказательства, свидетельствующие в пользу сохранения целостности контейнеров в течение определенного периода времени. Полагаться на то, что контейнеры смогут обеспечить полное удержание в более отдаленной перспективе, нельзя и поэтому аргументацию в пользу незначительности выбросов радионуклидов в окружающую среду при любых обстоятельствах следует основывать, например, на стабильности форм отходов, геохимической иммобилизации, малой скорости движения грунтовых вод и стабильности геологического окружения [36].

6.51. Соображения, приведенные в пунктах 6.43–6.50, показывают, что при установлении надлежащих временных интервалов и временных окон, рассматриваемых при оценке безопасности, необходимо учитывать и сбалансировано использовать конкурирующие факторы. Кроме того, следует четко излагать обоснование принятых временных интервалов и временных окон, рассматриваемых при оценке безопасности. В частности, если один из факторов, описанных в пункте 6.44, ограничивает временной интервал, рассматриваемый при оценке, периодом меньшей продолжительности, чем период, в течение которого пункт захоронения в принципе может являться источником угроз, которыми нельзя пренебрегать, следует дать четкое обоснование сокращения временного интервала, рассматриваемого при оценке. Например, оценка радиационного воздействия отходов, содержащихся в урановых хвостохранилищах, размещенных на поверхности, не будет считаться достоверной, если в ней не учитываются периоды времени, в течение которых может ожидаться оледенение (см. пункт 6.46), хотя потенциальная опасность отходов сохраняется намного дольше наступления этих сроков.

## ПРОНИКНОВЕНИЕ ЧЕЛОВЕКА

6.52. Действия человека в будущем могут нарушать работу системы захоронения отходов. Под проникновением человека понимается деятельность человека, затрагивающая целостность пункта захоронения и потенциально могущая привести к радиологическим последствиям.

Проникновение человека имеет особенно важное значение для пунктов поверхностного и приповерхностного захоронения. Большинство видов деятельности человека (например, строительные работы, ведение сельского хозяйства и т. д.), которые могут приводить к непреднамеренному проникновению человека в пункт захоронения отходов, производится на глубине, не превышающей нескольких десятков метров (как правило, не более 30–50 м от поверхности). В отдаленной перспективе вероятность проникновения человека в подобные пункты достаточно велика. Вероятность проведения работ на глубине более 30 м значительно меньше; к таким работам относятся бурение (например, для добычи воды или газа), геологоразведочные работы, добыча полезных ископаемых, получение геотермальной энергии, хранение нефти, природного или углекислого газа. В этой связи приведенные ниже руководящие материалы в основном относятся к пунктам поверхностного или приповерхностного захоронения. Вопросы реалистичности сценариев проникновения человека для пунктов глубинного геологического захоронения рассмотрены в пункте 6.65.

6.53. В настоящем Руководстве по безопасности под проникновением человека понимаются только такие действия человека, которые ведут к непосредственному неблагоприятному воздействию на пункт захоронения (т. е. на отходы, загрязненную ближнюю зону или инженерно-технические барьеры). Действия человека, ведущие к нарушению вмещающей среды за пределами пункта захоронения и в непосредственной близости от него, не рассматриваются в качестве проникновения человека, поскольку они не приводят к непосредственному проникновению человека в пункт захоронения. Подобные действия следует рассматривать в рамках сценариев при оценке долгосрочных рисков (см. раздел 5). В пунктах 6.54–6.64 содержатся дальнейшие руководящие материалы по допущениям и подходам, используемым для учета проникновения человека при оценке безопасности. Они относятся ко всем пунктам захоронения, расположенным вблизи поверхности, где проникновение человека становится проблемой безопасности.

6.54. Предполагается, что во время эксплуатации пункта захоронения и в любой последующий период ведомственного контроля предпринимается ряд мер, обеспечивающих исключение негативного влияния действий человека на безопасность системы захоронения. Такие меры будут не только основываться на соображениях безопасности, но и будут отвечать требованиям, связанным с обеспечением физической безопасности, а при необходимости и требованиям, касающимся учета и контроля ядерного материала. Тем не менее в течение этого периода возможно преднамеренное

(умышленное) проникновение человека; под преднамеренным проникновением человека понимается такое проникновение или вторжение в пункт захоронения, при котором проникшее на территорию лицо или лица знают о существовании пункта захоронения и обладают некоторыми знаниями о его содержимом. Поэтому вероятно, что нарушители предпримут меры по ограничению потенциальных последствий своего проникновения, например, сократив до минимума продолжительность своего контакта с отходами. Даже если этого не случится, нарушители должны будут нести ответственность за последствия своих действий, поскольку совершали их умышленно.

6.55. Хотя и признается, что третьи лица могут непреднамеренно подвергнуться воздействию излучения вследствие умышленного проникновения других лиц, в публикации [39] указано: «Умышленные вредоносные действия не подлежат рассмотрению в оценке безопасности». В поддержку этой позиции в публикации [39] отмечается, что в то время как широко признается, что общество, в котором при производстве образуются радиоактивные отходы, несет ответственность за разработку безопасной системы захоронения с учетом интересов будущих поколений, нынешнее поколение все равно не может защитить будущие поколения от их собственных действий, даже если будущие поколения предупреждены о последствиях своих действий.

6.56. В заключение следует отметить, что при оценке безопасности пункта захоронения отходов следует рассматривать непреднамеренное (неумышленное) проникновение человека, а количественную оценку потенциальных рисков, связанных с умышленным проникновением, проводить нет необходимости. Поэтому следует сделать допущение, что непреднамеренное проникновение человека может произойти в некоторый момент времени после утраты знаний о площадке и ее опасном содержимом. Это подразумевает, что лицо или группа лиц, проникших в пункт захоронения (нарушители), не осознавая потенциальную опасность, подвергнутся как минимум в течение непродолжительного времени непосредственному воздействию излучения. Кроме того, проникновение может привести к увеличенному выбросу радиоактивных материалов и повышенному длительному облучению отдельных лиц или групп вблизи пункта захоронения.

6.57. Если для рассматриваемого пункта захоронения исключить проникновение человека невозможно, следует рассмотреть один или несколько правдоподобных сценариев последствий такого проникновения.

Однако, в связи с неопределенностью оценок вероятности проникновения, в публикации [20] содержится рекомендация, согласно которой при оценке безопасности следует стремиться оценивать дозы, связанные с возможным проникновением человека, но не следует пытаться использовать риск-ориентированную концепцию, в которой в качестве основы оценки используется произведение вероятности проникновения и дозы, получаемой вследствие такого проникновения.

6.58. Хотя детали подхода, используемого для оценки проникновения человека, могут различаться в зависимости от видов отходов и рассматриваемого пункта захоронения, следует обеспечивать, чтобы сам подход соответствовал общей методологии, изложенной в разделе 5. Критерии такой оценки приведены в пункте 5.22.

6.59. В соответствии с положениями публикации [22] в качестве реципиентов воздействия в сценариях проникновения человека следует рассматривать «лиц, проживающих в окрестностях площадки». Однако это не означает, что самого нарушителя следует автоматически исключить из рассмотрения. Не следует проводить различия между нарушителем и резидентами. Действительно, это могут быть одни и те же лица в случае людей, проживающих над бывшей площадкой, знания о которой были утрачены. Вместе с тем следует проводить различие между нормальным поведением людей, проживающих вблизи площадки или даже на ней, и событиями небольшой продолжительности и/или низкой вероятности, затрагивающими небольшое число людей (такими, как дорожно-строительные работы). Если отнести последние к категории «несчастных случаев на производстве», то в этих случаях к нарушителям не потребуется применять те дозовые критерии, которые применяются к резидентам, проживающим вблизи площадки или на ней. В соответствии с этим различием, если событие считается возможным в условиях обычной жизни резидентов, в сценариях можно рассматривать реальный контакт реципиента воздействия с отходами и применять для оценки облучения, получаемого в результате проникновения, дозовые критерии, изложенные в публикации [2].

6.60. При разработке сценариев проникновения человека можно руководствоваться двумя разными подходами. При первом подходе для всех или большинства ситуаций разрабатывается несколько типовых сценариев. Альтернативный подход заключается в том, что сценарии разрабатываются для конкретной площадки с учетом ее особенностей. Оба подхода имеют свои достоинства и недостатки, и выбор подхода (с типовыми или

учитывающими конкретную площадку сценариями) следует производить в соответствии с целью конкретной оценки. Даже если принято решение о разработке типовых сценариев, следует учитывать некоторые особенности конкретной площадки (такие, как глубина и проект пункта захоронения, его геологическая среда и характеристики отходов).

6.61. Сценарии проникновения человека следует разрабатывать на основе упрощенных представлений о характере проникновения и действиях нарушителя и при этом не следует забывать о неизбежной неопределенности, связанной с проникновением человека. Сценарии проникновения человека не предназначены для представления авторитетного заявления об эволюции площадки и социально-экономической деятельности человека в будущем; они призваны лишь продемонстрировать потенциальные последствия проникновения человека. При использовании упрощенных сценариев следует исходить из применяемых в настоящее время технологий и процедур.

6.62. Для пунктов приповерхностного захоронения следует рассчитывать дозы, получаемые людьми, которые могут подвергнуться воздействию излучения (см. пункт 6.57). В оценках следует исходить из допущения, что проникновение может произойти незамедлительно после утраты знаний о площадке. Если в обосновании безопасности учитывается период ведомственного контроля, то следует предположить, что утрата знаний произойдет сразу после прекращения ведомственного контроля. В соответствии с регулирующими положениями многих стран период проведения ведомственного контроля ограничивается максимум несколькими столетиями. Хотя следует рекомендовать применение пассивных мер контроля (например, регистрационных записей, обозначений пункта захоронения), при оценке безопасности следует исходить из консервативного допущения, что подобные меры контроля не смогут эффективно предотвратить проникновение человека или снизить его вероятность.

6.63. При оценке последствий проникновения человека следует рассмотреть объемы отходов, на которые может быть оказано воздействие при различных вариантах проникновения, а также неоднородность этих отходов. Необходимо оценивать возможность развития потенциально значимых неоднородностей («горячих пятен») и их воздействие. Если не вдаваться в детали, то подобные различия в концентрациях активности могут быть вызваны целым рядом факторов, включая изменение критериев приемлемости отходов с течением времени или разные кампании по

закладке отходов, в которых преобладают конкретные потоки отходов. Если провести более углубленную детализацию, некоторые упаковки с отходами могут содержать определенные предметы, имеющие намного большую концентрацию активности (например, изъятые из употребления закрытые источники), чем в среднем по всем упаковкам с отходами. Неоднородности в отходах следует оценивать путем проведения ряда расчетов с должным учетом возможного диапазона значений активности и состава отходов. Следует также оценивать объемы отходов, на которые может быть оказано воздействие вследствие проникновения человека.

6.64. Для уменьшения вероятности и смягчения последствий проникновения человека в пункты захоронения радиоактивных отходов может быть предпринят целый ряд мер. В число таких мер входят активные меры ведомственного контроля и/или система долговечных физических барьеров. Кроме того, уменьшить негативные последствия проникновения может секционирование размещения отходов. Вероятно, наиболее значительное снижение расчетных доз достигается путем увеличения глубины захоронения. В некоторых ситуациях можно также рассмотреть альтернативную площадку, в частности, если риск проникновения человека повышен вследствие наличия на площадке водных или минеральных ресурсов, разработка которых может начаться в определенный момент в будущем. Подобные меры следует рассматривать как часть оптимизации защиты. Хотя и маловероятно, что подобные меры дадут возможность полностью исключить дозовые нагрузки вследствие проникновения человека, они могут уменьшить вероятность такого проникновения и/или его последствия.

6.65. Как обсуждено выше, значимость подобных сценариев для пунктов геологического захоронения весьма ограничена, так как глубина и местоположение подобных пунктов делают проникновение в них человека крайне маловероятным. Кроме того, соответствующие временные рамки слишком велики, чтобы можно было произвести достоверную оценку возможных последствий события проникновения. Тем не менее может быть принято решение о проведении такой оценки с целью демонстрации устойчивости системы захоронения. Ввиду присутствия неопределенностей в граничных условиях и других параметрах рассматриваемые сценарии являются гипотетическими и в некотором роде стохастическими, например, когда делаются допущения о том, что событие произойдет, или о состоянии пункта захоронения и вмещающей среды на момент проникновения. Поэтому в случае пунктов геологического захоронения необходимо с осторожностью использовать количественные результаты, полученные

для сценариев проникновения человека, в частности, при сопоставлении их с результатами, полученными для других сценариев (например, для целей оптимизации защиты и проектирования). Наиболее эффективными мерами против непреднамеренного проникновения является размещение пункта захоронения в глубинных геологических формациях и обеспечение сохранения знаний в долгосрочной перспективе.

## ВЕДОМСТВЕННЫЙ КОНТРОЛЬ

6.66. Неизбежное противоречие между предполагаемой продолжительностью ведения активного ведомственного контроля и периодом времени, в течение которого долгоживущие отходы остаются потенциально опасными, привело к разработке стратегий захоронения, в которых ведомственный контроль играет разные роли:

- при геологическом захоронении и захоронении на средних глубинах ведомственный контроль в течение периода его проведения может обеспечивать еще один уровень глубокоэшелонированной защиты и может способствовать повышению уверенности в безопасности пункта захоронения. Однако цель безопасности следует достигать даже при отсутствии ведомственного контроля;
- в случае поверхностного и приповерхностного захоронения ведомственный контроль обычно требуется для достижения цели безопасности и его следует сохранять в течение всего времени, пока отходы остаются потенциально опасными (например, в течение нескольких столетий). Захоронение отходов, содержащих значительные количества долгоживущих радионуклидов, следует производить на больших глубинах. Допущения, касающиеся продолжительности ведения ведомственного контроля, играют главную роль при определении критериев приемлемости отходов, в особенности для пунктов приповерхностного захоронения.

6.67. Ведомственный контроль следует рассматривать в качестве элемента общей системы защиты от рисков, связанных с радиоактивными отходами. Это согласуется с общей концепцией глубокоэшелонированной защиты, так как ведомственный контроль обеспечивает еще один слой защиты и дополняет имеющиеся естественные и инженерно-технические барьеры пункта захоронения. Однако наличие ведомственного контроля нельзя использовать для обоснования снижения уровня предусмотренной проектом функциональной эффективности системы удержания и изоляции.

6.68. Любой пункт захоронения, обоснование безопасности которого основывается на допущении о ведении эффективного ведомственного контроля в долгосрочной перспективе, следует подвергать периодическому рассмотрению. Результатом такого рассмотрения может быть подтверждение того, что предпринимаемые меры ведомственного контроля удовлетворительны и достаточны до следующего планового рассмотрения; если в результате рассмотрения такого подтверждения не происходит, возникает необходимость обновления мер контроля или принятия других стратегических решений.

6.69. Для пунктов приповерхностного захоронения, содержащих по большей части короткоживущие радионуклиды, наибольшая вероятность облучения и риски, связанные с непреднамеренным проникновением человека, возникают именно в период после прекращения ведомственного контроля. В таких случаях результаты оценок непреднамеренного проникновения человека могут стать причиной для наложения ограничений на разрешенное содержание долгоживущих радионуклидов в отходах, подлежащих безопасному захоронению. Поэтому такая оценка, в частности, имеет важное значение для определения предельных значений концентраций долгоживущих радионуклидов в критериях приемлемости отходов для пунктов приповерхностного захоронения.

6.70. Во многих случаях, связанных с большими объемами отходов, содержащих радионуклиды естественного происхождения, по меньшей мере исходя из имеющихся на текущий момент технических и экономических возможностей, все существующие варианты захоронения обуславливают необходимость проведения ведомственного контроля по крайней мере на некотором уровне. В подобных случаях требуемая функция ведомственного контроля может варьироваться от предотвращения проникновения человека до обеспечения посредством осуществления комплексных программ наблюдения и технического обслуживания того, чтобы барьеры (например, покрытия) сохраняли целостность, и до устранения неблагоприятных воздействий на целостность барьеров. Подобные воздействия могут возникать, например, из-за таких естественных процессов, как эрозия или деградация покрытий вследствие прорастания корней растений или рытья нор животными.

6.71. Принятие необходимости непрерывного ведомственного контроля в подобных случаях может рассматриваться как нарушение принципа 7 публикации [1], т. е. как перекладывание бремени на будущие поколения. Однако при оценке этого бремени прежде всего следует проанализировать,

что с точки зрения практической осуществимости и экономической целесообразности можно сделать с большими объемами отходов, содержащими радионуклиды природного происхождения. В этой связи решение о принятии того или иного варианта захоронения, предполагающего проведение непрерывного ведомственного контроля, может явиться частью общего процесса оптимизации защиты с учетом имеющихся ограничений технического и экономического характера. Однако каждый случай следует рассматривать по существу и проводить конкретные исследования по оптимизации с целью обеспечения оптимального уровня защиты в долгосрочной перспективе. При этом следует уделять внимание вопросу реализации мероприятий по обеспечению безопасности при помощи пассивных средств. Такие исследования по оптимизации следует проводить в рамках разработки обоснования безопасности пункта захоронения.

6.72. Необходимость непрерывного ведомственного контроля на площадках, где захоронены большие объемы радиоактивных отходов, содержащих радионуклиды природного происхождения, не следует использовать в качестве аргумента в пользу необходимости подобного ведомственного контроля в пунктах захоронения низкоактивных отходов, где можно использовать другие целесообразные варианты, позволяющие исключить его за счет определения подходящих критериев приемлемости отходов. В публикации [2] также содержится требование, что безопасность не должна зависеть от непрерывного ведомственного контроля. Поэтому как минимум на новых объектах следует ограничиваться теми вариантами захоронения, которые не предусматривают ведение непрерывного ведомственного контроля.

6.73. Подводя итоги:

- долгосрочная безопасность пунктов захоронения радиоактивных отходов не должна зависеть от средств ведомственного контроля (пункт 5.6 публикации [2]);
- ведомственный контроль является важным элементом безопасности пунктов поверхностного или приповерхностного захоронения для предотвращения проникновения человека в течение определенного периода времени. Любую зависимость от средств ведомственного контроля в обосновании безопасности следует обосновывать;
- следует поощрять использование пассивных средств ведомственного контроля. Их можно в определенной степени использовать в обосновании безопасности, но не следует делать допущение,

что такие средства будут сохранять свою эффективность с точки зрения предотвращения проникновения человека в долгосрочной перспективе.

## ВОЗМОЖНОСТЬ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ОТХОДОВ

6.74. Целью данного раздела является рассмотрение последствий, возникающих при подготовке обоснования безопасности и оценки безопасности, если концепция захоронения предусматривает возможность извлечения (перезахоронения) отходов. Более общая концепция обратимости предполагает возможность обращения вспять одного или нескольких этапов при планировании или разработке пункта захоронения. Это предусматривает рассмотрение, а при необходимости и переоценку принятых ранее решений, а также наличие средств (технических, финансовых и т. д.) для возврата на предыдущий этап. Возможность извлечения означает возможность выполнения в обратном порядке действия по размещению отходов. Таким образом, это особый случай обратимости. Извлечение представляет собой действие по возвращению из захоронения отходов или упаковок с отходами [40].

6.75. Хотя термин «захоронение» относится к помещению радиоактивных отходов в пункт захоронения или в определенное место без намерения их последующего извлечения (см. пункт 2.9), возможны ситуации, в которых возникает намерение обеспечить возможность извлечения отходов. Возможность включения в проект вариантов возвращения к предыдущему этапу при разработке пункта захоронения или извлечения отходов после их размещения признается в публикации [2]. Хотя подобные положения могут обеспечивать гибкость при принятии решений во время разработки пункта захоронения, не следует допускать, чтобы они наносили ущерб его безопасности в долгосрочной перспективе. Гибкость в процессе принятия решений следует рассматривать не в качестве самоцели, а, скорее, в качестве положительной практики.

6.76. Реализация мер, облегчающих возможность извлечения отходов, никак не влияет на необходимость проведения комплексной оценки безопасности и может потребовать дополнительных обоснований в отношении определенных эксплуатационных аспектов (например, долгосрочной прочности упаковок с отходами в условиях эксплуатации в период перед закрытием пункта захоронения, положений по закрытию пункта захоронения). В частности, не следует рассматривать возможность

извлечения как оправдание откладывания на неопределенный срок принятия решений о разработке пункта захоронения, и она не является заменой хорошо спроектированного и размещаемого на хорошей площадке пункта захоронения, основание для закрытия которого по истечении срока его службы может быть обосновано. Следует подготовить четкие планы разработки пункта захоронения, включая его закрытие, даже если в будущем лицам, принимающим решения, будет предоставлена гибкость в осуществлении этих планов. Для определения последствий неспособности закрыть пункт захоронения в соответствии с первоначальным планом следует провести расчеты по оценке безопасности.

6.77. Если возможность извлечения отходов предусмотрена в проекте, то в обосновании безопасности следует рассмотреть вопросы административного и технического характера, обеспечивающие: поддержание на должном уровне технических возможностей для извлечения отходов на каждой стадии после размещения отходов в пункте захоронения; описание методов извлечения отходов; и проведение периодических оценок необходимости и целесообразности перехода на следующий этап с целью закрытия пункта захоронения, оставления пункта захоронения на текущем этапе или возвращения на предыдущий этап, включая в случае необходимости извлечение отходов. В обосновании безопасности следует дополнительно рассмотреть вопросы мониторинга для верификации преобладания условий, при которых существует возможность безопасного извлечения отходов.

6.78. В большинстве государств до сих пор не выпущены руководящие принципы, предписывающие, когда извлечение обязательно и как следует реализовывать требования к возможности извлечения, если таковые имеются. Когда в национальных регулирующих руководящих принципах упоминается возможность извлечения, обычно приводится доминирующее требование о том, что следует обеспечивать, чтобы любые меры, направленные на улучшение возможности извлечения, не ставили под угрозу пассивную долгосрочную безопасность пункта захоронения. Если возможность извлечения требуется в рамках национальной политики в области обращения с отходами, следует проанализировать регулирующие требования в отношении возможности извлечения, с тем чтобы проверить их соответствие требованиям по поддержанию физической ядерной безопасности и ядерной безопасности, включая требования радиационной защиты и меры, необходимые в рамках системы учета и контроля ядерного материала как в возможно длительные периоды до закрытия установки, так и в долгосрочной перспективе.

## ОЦЕНКА ВАРИАНТОВ

### Основа процесса принятия решений

6.79. Планирование и разработка пунктов захоронения предусматривают принятие различных решений. Примерами являются решения в отношении площадки или проекта пункта захоронения. В случае существующих пунктов захоронения новая информация (например, информация, полученная в рамках программы мониторинга) может вызывать озабоченность относительно возможности продолжения безопасной эксплуатации пункта захоронения. В таких ситуациях может потребоваться принятие решений о частичном или полном извлечении отходов или о модернизации пункта захоронения. Принятие решений в таких случаях связано с необходимостью сравнения различных управленческих решений и выбора варианта, отвечающего всем предъявляемым регулирующим требованиям и обеспечивающего оптимальный уровень защиты с учетом таких факторов, как затраты и другие негативные факторы.

6.80. На практике характер процесса принятия решений зависит от национальной законодательной и регулирующей основы и в нем зачастую принимают участие различные заинтересованные стороны, например местное население. Основной вклад в этот процесс вносит обоснование безопасности, поэтому его следует использовать в помощь принятию решений о том, как обеспечивать безопасность нового пункта захоронения или повысить безопасность существующего пункта захоронения. Поэтому следует обеспечивать, чтобы все виды деятельности, необходимые для разработки обоснования безопасности, включая все этапы проведения вспомогательной оценки безопасности, удовлетворяли следующим требованиям:

- в обосновании безопасности следует рассмотреть все аспекты безопасности, важные с точки зрения принятия последующих решений. Это включает оценку радиационных рисков, а также других факторов, влияющих на принятие решений о целесообразности и приемлемости планируемых видов деятельности;
- следует с использованием надлежащих методологий достаточно подробно изучить факторы, влияющие на принятие решений. Основные соображения заключаются в том, что не следует недооценивать соответствующие последствия, но также, в частности в существующих ситуациях, избегать, насколько это практически

возможно, переоценки рисков и других важных негативных факторов во избежание применения ненужных мер;

- следует сосредоточивать основные усилия (например, по сбору данных и моделированию) на факторах, влияющих на принятие решений, с тем чтобы время и финансовые ресурсы не тратились впустую;
- следует обеспечивать достаточность результатов оценки, дополнительных аргументов и соображений, представленных в обосновании безопасности, для формирования и обоснования решений о мерах, которые необходимо принять. Следует обеспечивать достаточную основу для оценки соблюдения регулирующих требований, для принятия решений о включении других соответствующих факторов, нахождения баланса между преимуществами и недостатками имеющихся вариантов в качестве основы для выбора вариантов, подлежащих осуществлению (это имеет отношение, в частности, к принятию решений по существующим пунктам захоронения), а также для формирования уверенности в надежности выполненных оценок и в обоснованности и безопасности действий, предлагаемых в обосновании безопасности.

## Методология

6.81. С учетом общих целей процесса принятия решений очевидно, что он оказывает влияние на все аспекты разработки обоснования безопасности. В частности, соображения, вытекающие из целей и требований процесса принятия решений, влияют на все ключевые элементы методологии оценки радиологического воздействия после закрытия, изложенные в разделе 5. Ниже представлены наиболее важные из них:

- в качестве основы для формирования контекста оценки в обосновании безопасности следует определить необходимые решения и потенциальные факторы, оказывающие влияние на их принятие;
- решающая часть установления контекста оценки состоит из определения основных принципов оценки. Это включает, в частности, подход к оценке значимых конечных точек, характер принимаемых допущений (например, реалистичные или консервативные), тип используемых данных (общие или по конкретной площадке) и подход к учету неопределенностей. Очевидно, что ненадлежащее задание этих граничных условий оценки в отношении требований к принятию решений будет препятствовать возможности принятия надлежащих и обоснованных решений;

- помимо диапазона принимаемых решений, контекст оценки будет также определяться принятой методологией принятия решений. В случае использования количественных методологий поддержки принятия решений для сопоставления вариантов возникают требования по учету конкретных конечных точек (например, требования в отношении коллективных доз<sup>12</sup> при выполнении анализа затрат и результатов). Характер других элементов основных принципов оценки, таких как учет неопределенностей, также может зависеть от выбранной в конечном счете методологии принятия решений;
- при разработке сценариев следует рассматривать все характеристики, события и процессы, которые могут оказывать прямое или косвенное влияние на систему захоронения и количество радиоактивных материалов. В той степени, в которой нерадиологические факторы имеют значение, их также необходимо будет учитывать при разработке сценариев. Примерами таких нерадиологических факторов являются риски, связанные с токсичными или канцерогенными веществами, или физические риски, связанные с проведением горных работ. Если подобные аспекты важны для принятия решений, то необходимо обеспечивать, чтобы сценарии надлежащим образом охватывали условия, которые могут приводить к возникновению таких рисков;
- использование моделей, а также их калибровку и валидацию следует тщательно планировать с учетом актуальных требований процесса принятия решений. При использовании дифференцированного подхода следует соразмерять объем прилагаемых усилий со значимостью получаемых результатов с точки зрения принятия и обоснования решений;
- необходимо производить анализ и интерпретацию результатов с учетом их значимости для требований процесса принятия решений. Если результаты не считаются достаточными для этой цели, может потребоваться уточнить используемые в сценария определения и/или модели и, возможно, собрать дополнительные данные.

---

<sup>12</sup> В отношении использования в таких оценках значений коллективных доз следует учитывать следующее положение из публикации [21]: «С течением времени возрастают неопределенности в отношении как индивидуальных доз облучения, так и количества населения, подвергшегося облучению. Более того, нынешние суждения о взаимосвязи между дозой и вредом могут оказаться неверными для будущих популяций. ...[С]ледует критически воспринимать прогнозы коллективных доз облучения на сроки, превышающие несколько сотен лет, и прогнозы о причинении вреда здоровью на сроки, превышающие несколько сотен лет».

6.82. Существуют различные подходы к выбору вариантов в рамках используемой методологии. Результаты оценки и их влияние на принимаемые решения можно проанализировать с помощью качественного процесса, предусматривающего рассмотрение всех значимых факторов. Для оценки и обеспечения оптимального соотношения различных факторов, важных с точки зрения принимаемых решений, могут использоваться количественные методики, такие как анализ затрат и результатов или анализ многомерной полезности. Примеры применения таких методов поддержки принятия решения содержатся в публикациях [32, 33, 41, 42].

6.83. При использовании методов количественной оценки их следует рассматривать в качестве инструментов поддержки процесса принятия решений, а не замены этого процесса. Результаты оценки следует использовать в качестве исходных данных для проведения обсуждений с участвующими сторонами, такими как регулирующий орган и другие заинтересованные стороны. Главная роль таких методологий поддержки принятия решений состоит в анализе и в убедительном и комплексном представлении результатов оценки, что дает возможность сформировать суждения об их относительной значимости и влиянии на принятие необходимых решений.

6.84. В процессе принятия решений следует рассматривать все значимые факторы. Если на площадке размещены или планируется разместить несколько установок, включая пункты захоронения, в процессе принятия решений следует оценивать их совокупное радиологическое воздействие (см. пункт 5.24).

6.85. В целом в процессе принятия решений помимо технических аспектов задействованы и другие значимые факторы и соображения. Хотя методология, изложенная в разделе 5, и не предусматривает оценку никаких других факторов, кроме радиологических, работы, необходимые при оценке нерадиологических рисков, аналогичны тем, которые необходимо выполнять при оценке радиационных рисков. Поэтому в данную методологию можно включить оценку всех значимых факторов, с тем чтобы обеспечить непротиворечивое и транспарентное описание всех необходимых для оценки работ, позволяющее на основании сопоставления различных вариантов выбрать вариант, наиболее предпочтительный с точки зрения обеспечения безопасности (или обосновать отсутствие необходимости предпринимать какие-либо меры в случае уже существующего пункта захоронения). Для оценки таких дополнительных факторов влияния можно воспользоваться количественными методологиями поддержки принятия

решений, например анализом многомерной полезности, даже если сами эти факторы имеют по своей природе качественный характер (как, например, общественная приемлемость различных вариантов).

### **Применение в отношении существующих пунктов захоронения**

6.86. Подход к поддержке процесса принятия решений, описанный в пунктах 6.81–6.85, непосредственно применим и в отношении уже существующих пунктов захоронения. Однако в ситуациях, связанных с тем фактом, что пункт захоронения уже существует, возникают определенные специфические требования, и, кроме того, на таких объектах уже могут присутствовать радиационные риски, и поэтому варианты принимаемых решений сводятся к определению необходимости принятия корректирующих мер и, если это требуется, к выбору наиболее предпочтительного типа корректирующих мер.

6.87. Поскольку решающая часть установления контекста оценки состоит из определения основных принципов оценки, оценки, выполняемые в целях сравнения значений доз с пределами, ограничениями и другими критериями, устанавливаемыми регулирующим органом, следует проводить с достаточным уровнем консерватизма. Однако в оценках, выполняемых для сравнения вариантов в целях оптимизации, следует исходить из более реалистичных допущений. Ввиду важности применения принципа оптимизации в существующих ситуациях, в случае существующих пунктов захоронения особую значимость имеет различие между этими двумя типами оценки.

6.88. Как правило, оценку существующих пунктов захоронения выполняют в два отдельных этапа. На первом этапе оценки следует определять принципиальную необходимость рассмотрения корректирующих мер или ее отсутствие в связи с тем, что текущее состояние пункта захоронения считается приемлемым. На втором этапе оценки определяют и анализируют варианты улучшения ситуации, причем этот этап выполняют только в случае его необходимости на основе результатов проведения первого этапа. То, какие критерии (текущие критерии, критерии, действовавшие на момент лицензирования пункта захоронения или критерии вмешательства) необходимо применять в этом процессе, будет зависеть от национальных регулирующих положений.

6.89. В частности, в отношении существующих пунктов захоронения, для которых имеется несколько возможных вариантов корректирующих мер, сопоставление корректирующих мер следует обычно проводить на итеративной основе:

- это дает возможность уже на самых ранних стадиях выявлять и исключать чрезмерно дорогостоящие или не удовлетворяющие требованиям регулирующего органа варианты корректирующих мер. Для таких вариантов детальный факторный анализ теряет смысл и становится пустой тратой ресурсов;
- оценка последствий реализации остальных вариантов корректирующих мер с учетом факторов, подлежащих рассмотрению при принятии решений, может потребовать очень много времени и значительных ресурсов. При отсутствии основы для формирования точных оценок (например, оценки долговечности сооружений) в процессе принятия решений можно даже столкнуться с принципиальными трудностями. Прежде чем прилагать значительные усилия для повышения качества оценки подобных факторов, следует сначала изучить их значимость для процесса принятия решений. Может выясниться, что неопределенности, преобладающие в одних факторах, не играют большой роли при принятии определенного решения, поскольку при его принятии доминируют совсем другие факторы. В этом случае неопределенности можно считать допустимыми и дальнейшие усилия по оценке в этом отношении не требуются. Поскольку обоснование решения может быть обеспечено на основе результатов оценки, неопределенности, связанные с этими факторами, не противоречат общему требованию по укреплению уверенности в оценке;
- в соответствии с дифференцированным подходом следует соразмерять объем усилий, прилагаемых для совершенствования данных и моделирования, со значимостью различных факторов для принимаемых решений. В рамках итеративного процесса влияние полученных результатов и связанных с ними неопределенностей на принятие решений можно «протестировать» с целью выявления тех аспектов, которые действительно заслуживают дальнейшей проработки на основе их значимости для принятия решений.

## **7. ДОКУМЕНТИРОВАНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОБОСНОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ**

7.1. В настоящем разделе рассматривается порядок сбора и обобщения всей разносторонней информации, входящей в состав обоснования безопасности, т. е. процесс интеграции (см. публикацию [25]). В нем изложены вопросы документирования обоснования безопасности, а также обсуждены области его возможного использования.

### **ДОКУМЕНТИРОВАНИЕ ОБОСНОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ**

7.2. Обоснование безопасности служит основой для принятия решений и представляется для рассмотрения и анализа лицам, ответственным за принятие решений. Обоснование безопасности представляет интерес для регулирующего органа, широкой общественности и других заинтересованных сторон. Эти стороны будут самостоятельно принимать решение о степени убедительности представленной аргументации и степени своего согласия с позицией оператора, разработавшего обоснование безопасности. Однако уверенность заинтересованных сторон в выводах обоснования безопасности должна возрасти, если аргументы и доказательства представлены открытым и транспарентным образом, а все соответствующие результаты раскрыты полностью и были подвергнуты контролю качества и независимому рассмотрению.

7.3. Соблюдение требований по документированию обоснования безопасности (см. раздел 3) может быть сопряжено с целым рядом сложностей, поскольку в целевую аудиторию входит широкий круг заинтересованных сторон с различными потребностями, ожиданиями и вопросами, вызывающими беспокойство. Еще одна сложность связана с ситуациями, когда имеются сложные юридические и регулирующие требования, предусматривающие привлечение ряда регулирующих органов с разными процессами регулирования, и когда на этапах разработки пункта захоронения требуется ряд уровней документации (например, оценки воздействия на окружающую среду). Ввиду всех этих сложностей, универсальной структуры документирования обоснования безопасности не существует. На структуру документации и процесс документирования влияют ожидания целевой аудитории, рассматриваемое решение,

стадия разработки пункта захоронения, национальные законодательные и регулирующие требования, а также положения международных руководящих принципов разработки обоснования безопасности.

7.4. Существует ряд способов структурирования и документирования обоснования безопасности, причем краткое описание наиболее важных элементов обоснования безопасности представлено ниже.

### **Пояснительная записка**

7.5. На самом высоком уровне в документацию по обоснованию безопасности следует включать пояснительную записку, содержащую краткое описание проекта, основных вопросов, связанных с безопасностью в рамках данного проекта, доказательств, аргументов и основных результатов оценки, предлагаемых последующих мер и вариантов минимизации воздействия с учетом выявленных вопросов безопасности, а также неопределенностей и вопросов, вызывающих обеспокоенность общественности.

7.6. Большинство заинтересованных сторон получает первое и наиболее устойчивое представление о проекте именно после ознакомления с пояснительной запиской. Зачастую некоторые заинтересованные стороны вообще ограничиваются прочтением только этого краткого документа. Следовательно, информацию в нем следует излагать ясно, полно и лаконично. Следует считать, что наиболее эффективным и наглядным способом представления информации является использование сводных таблиц, иллюстраций и блок-схем. Кроме того, следует по возможности избегать использования сложных технических терминов. Пояснительную записку можно выпустить в виде отдельного документа и ее можно распространять более широко, чем остальную документацию. Ее также можно представить на нескольких языках, если это отвечает потребностям местных сообществ.

### **Введение и контекст обоснования безопасности**

7.7. Во вступительной части документации обоснования безопасности следует представить четкое и лаконичное описание цели и контекста обоснования безопасности, с тем чтобы дать читателю четкое представление о проекте, принимаемых решениях и процессе принятия решений, а также

о различных вопросах, подлежащих рассмотрению. Во введении следует отразить перечисленные ниже основные аспекты:

- краткое описание проекта, в частности его основные цели и историю вопроса, стадии реализации проекта и его текущее состояние;
- политический и регулирующий контексты подготовки и представления обоснования безопасности;
- роли и обязанности различных организаций, участвующих в процессе принятия решений, в том числе основа проведения консультаций с общественностью и ее привлечения;
- четкое описание процесса принятия решений;
- сравнение с другими аналогичными проектами;
- описание состояния и уровня развития используемых технологий;
- заявление о необходимости и важности проекта в поддержку и для объяснения необходимости обоснования безопасности;
- обсуждение рассмотренных альтернатив и причин выбора предпочтительного варианта;
- ключевые решения, которые были приняты и которые предстоит принять в ходе реализации предлагаемого проекта;
- описание соображений относительно критических сроков, связанных с проектом;
- краткое описание того, каким образом оператор обеспечит соблюдение регулирующих требований и как регулирующий орган будет проводить проверку соблюдения этих требований;
- краткое описание системы менеджмента, используемой оператором, и ее способности надлежащим образом преодолевать сложности, связанные с реализацией проекта.

## **Стратегия безопасности**

7.8. После представления цели и контекста обоснования безопасности в документации по обоснованию безопасности следует дать краткое описание подхода высокого уровня, который будет использован для обеспечения безопасности. Задача раздела, посвященного стратегии безопасности, заключается в том, чтобы продемонстрировать, что общий подход и методы, принятые при проектировании, оценке, разработке и управлении пунктом захоронения, обеспечивают надлежащий уровень безопасности. В данный раздел также следует включить важные с точки зрения стратегии

безопасности аргументы, способствующие укреплению уверенности. Необходимо рассмотреть следующие ключевые аспекты:

- стратегия и подход к управлению на разных стадиях разработки пункта захоронения (например, стадиях выбора площадки, строительства, эксплуатации, закрытия);
- как в принятых стратегиях применяются надлежащие инженерно-технические принципы и положительная практика;
- управление неопределенностями и их уменьшение;
- степень осторожности при принятии решений и использование различных видов аргументации;
- характеристики безопасности, предусмотренные в проекте пункта захоронения, а также используемые множественные функции безопасности;
- ожидаемая устойчивость системы захоронения в отношении как природных явлений и процессов, так и процессов техногенного происхождения;
- обоснование выбора методологии оценки, а также временных интервалов и временных окон, рассматриваемых при оценке, в том числе описание различных подходов к проведению оценки и средств, используемых для верификации, подтверждения и сопоставления результатов оценки;
- проведенные независимые экспертизы и их соответствие международным руководящим материалам и практике;
- другая аргументация высокого уровня при необходимости.

## **Оценка безопасности**

7.9. В разделе, посвященном оценке безопасности, следует привести подробное документированное описание проведенных в рамках оценки безопасности работ, которые образуют научно-техническую основу обоснования безопасности. Документирование оценки безопасности включает подробное описание каждого этапа оценки, результатов оценки и сделанных выводов. Поскольку в рамках этой работы потребуется привести большой объем детализированной информации, целесообразно представить подробные описания, результаты моделирования и расчетов в приложениях или в отдельных вспомогательных документах. В основном документе в первую очередь следует уделять внимание принятым допущениям, используемым подходам и методологиям оценки, рассмотрению наиболее важных с точки зрения безопасности характеристик, результатам оценки и

аргументам в поддержку сделанных выводов. Аргументы, способствующие повышению уверенности, следует документировать не только на каждом этапе оценки безопасности, но и в отношении оценки безопасности в целом.

### **Сводный отчет и выводы**

7.10. После подробного изложения всех подтверждающих доказательств, использованных в обосновании безопасности, следует перейти к разработке раздела, в котором излагаются доказательства в поддержку сделанных выводов и рекомендаций. В соответствии с пунктами 7.2–7.9 в раздел, посвященный сводному отчету и выводам, следует включить:

- сведенные воедино ключевые результаты оценки безопасности;
- основные доказательства, анализ и аргументы, количественно подтверждающие и поддерживающие утверждение о том, что пункт захоронения является безопасным;
- оценку неопределенностей и описание нерешенных вопросов, а также обсуждение планируемых шагов, направленных на их разрешение;
- описание дополнительных доказательств безопасности, например доказательства сохранения безопасности в периоды времени, выходящие за пределы временных интервалов, рассматриваемых при оценке безопасности;
- заявления об уверенности, которые учитывают доказательства и аргументы, дополняющие результаты оценки безопасности.

### **Последующие программы и действия**

7.11. В частности, при поэтапной разработке обоснования безопасности важно рассматривать каждый пересмотренный вариант обоснования безопасности в контексте общего процесса разработки. Следует описывать работы, необходимые для последующей стадии разработки обоснования безопасности, такие как сбор дополнительных данных или планируемые усовершенствования моделирования. Если выполнение определенных работ возможно только после достижения соответствующих точек принятия решений или рубежей (например, решений по площадке пункта захоронения), их необходимо указывать.

## **Прослеживаемость и прозрачность документации обоснования и оценки безопасности**

7.12. Вне зависимости от принятой структуры документации на всех этапах ее разработки следует учитывать ряд ключевых характеристик и соображений. Они включают следующее:

- следует обеспечивать, чтобы все документы, разрабатываемые в контексте обоснования безопасности для согласования с регулирующим органом, информирования или популяризации, содержали непротиворечивую информацию по вопросам безопасности. Другими словами, следует обеспечивать, чтобы суть этой информации оставалась постоянной, а не подстраивалась под требования конкретной аудитории. Следует обеспечивать, чтобы информация, содержащаяся в документах, оформленных в виде приложений и информационных материалов, соответствовала содержанию основной документации обоснования безопасности<sup>13</sup>;
- в основной документации обоснования безопасности следует предоставлять объем информации, достаточный для четкого понимания ключевых аргументов по безопасности и обосновывающих их доказательств;
- в документации следует показывать, что обоснование безопасности базируется на убедительных научных фактах и аргументах с использованием накопленного технического опыта и результатов анализа;
- следует обеспечивать свободную доступность документации и в ней следует признавать наличие неопределенностей и ограничений, а также их последствия для безопасности;
- следует обеспечивать хорошую структурированность, прозрачность и прослеживаемость документации;
- следует обеспечивать, чтобы документация была прозрачной, так чтобы информация была легко доступна заинтересованным сторонам, была ясной и понятной и содержала четкое обоснование и аргументацию ключевых допущений;
- следует обеспечивать, чтобы в документации можно было проследить процедуры и ключевые решения, принятые при разработке системы захоронения и обоснования безопасности. В это

---

<sup>13</sup> Необходимость согласованности не исключает возможности смещения акцентов на разную аргументацию в зависимости от аудитории, поскольку люди с разным образованием и жизненным опытом могут считать убедительными различные аргументы.

следует включать демонстрацию внедрения последующих программ и действий на ранних стадиях для подтверждения сделанных допущений или устранения неразрешенных неопределенностей и/или того, как будут продолжены работы по их устранению. Следует также показывать, как были документированы и зарегистрированы ключевые решения путем включения четкой системы ссылок на источники;

- в документации следует также четко указывать на необходимость передачи информации о мерах ведомственного контроля будущим поколениям;
- следует обеспечивать хорошую структурированность, транспарентность и прослеживаемость методологии оценки безопасности. Следует обеспечивать, чтобы она позволяла регулирующему органу и другим техническим экспертам без затруднений следовать логике и понимать использованные в оценке допущения, а при необходимости и воспроизводить полученные результаты;
- в оценке следует дать полное описание практических методов, использованных для выявления и уменьшения неопределенностей, а также выявления допущений и неопределенностей, которые оказывают на безопасность наибольшее влияние.

7.13. Документацию обоснования безопасности следует периодически обновлять в соответствии с систематизированным планом. Оператору следует использовать надлежащие меры контроля процесса согласования документации обоснования безопасности и обновления набора данных и значений параметров, моделей, сценариев и компьютерных кодов, лежащих в основе обоснования безопасности и используемых при оценке безопасности. Процесс официального рассмотрения следует осуществлять только в отношении хорошо проработанных документов.

7.14. Представленные ниже замечания имеют отношение к транспарентности и прослеживаемости оценки безопасности:

- следует обеспечивать четкую структурированность и описание методологии оценки, а также четкое описание допущений и оснований, на которых они были сделаны. При описании характеристик и процессов, разработке испытаний и экспериментов и определении требуемой аппаратуры, при интерпретации результатов испытаний, разработке концептуальных моделей и при их анализе и оценке

следует использовать хорошо проработанные и документированные методы;

- следует стремиться к взаимной согласованности допущений, а также к их согласованности в диапазоне значений параметров, в отношении которых эти допущения являются уместными;
- следует обеспечивать согласованность всех стадий оценки безопасности, а также основных целей и подходов на каждой стадии оценки безопасности;
- для того чтобы не создавалось впечатление, что результатами оценки манипулируют с целью получения более благоприятных результатов, следует обеспечивать прозрачность эволюции оценки при переходе от одной итерации к следующей (например, следует предоставлять объяснения новых данных или причин изменения элементов концептуальной или математической модели);
- следует повышать уверенность в оценке посредством выбора методологии оценки, совместимой с международным опытом и руководящими материалами;
- следует разработать комплект официальных процедур системы менеджмента и представить доказательства их применения;
- в качестве части процедур системы менеджмента следует создать и поддерживать функционирование комплексной системы регистрации подробной информации по всем аспектам пункта захоронения и обоснования его безопасности, включая оценку безопасности;
- следует представить точный список использованной литературы, содержащий прямые ссылки на первоисточники.

7.15. У разных заинтересованных сторон будут иметься различные интересы, и более тщательной проверке они будут подвергать те аргументы, представленные в обосновании безопасности, которые будут вызывать у них больший интерес или озабоченность. Поэтому необходимый уровень прозрачности и прослеживаемости может зависеть от ожиданий заинтересованных сторон. Например, технические эксперты, проводящие рассмотрение, будут уделять большее внимание аспектам обоснования безопасности, касающимся оценки безопасности, а представителей общественности могут больше интересовать аргументы качественного характера, такие как аспекты менеджмента. По этой причине может быть достаточно представлять общественности упрощенную версию документации оценки безопасности, тогда как регулирующему органу понадобится более полная информация.

7.16. Обеспечение прослеживаемости вызывает необходимость четкого и полного документирования всех принятых решений и сделанных допущений, а также информации о моделях, параметрах и данных, использованных для получения результатов. В регистрационные записи следует включать информацию о том, когда и кем были приняты различные решения и сделаны допущения, как были реализованы такие решения и допущения, какие версии инструментальных средств моделирования использовались, а также сведения о конечных источниках данных. Поэтому для обеспечения прослеживаемости требуется применение самых высоких стандартов обеспечения качества. Кроме того, прослеживаемость предполагает, что регулирующий орган или другие технические эксперты, проводящие рассмотрение, могут воспроизвести частично или целиком результаты оценки, исходя из данных, содержащихся в документации оценки безопасности. Степень прослеживаемости в значительной степени повышается при представлении обоснования безопасности в виде иерархически структурированного комплекта документов.

7.17. С целью обеспечения прослеживаемости оценки безопасности следует учитывать перечисленные ниже вопросы:

- следует обеспечивать прослеживаемость всей информации, содержащейся в обосновании безопасности, до ее источников. Источниками такой информации могут быть протоколы наблюдений, измерений, научно-исследовательские работы, модельные исследования, а также принятые решения и допущения, сделанные в процессе разработки обоснования безопасности. Такие решения и допущения могут основываться на процессах получения экспертных заключений или сбора экспертами информации, для которых необходимы соответствующие процедуры и документирование;
- ожидания в отношении прослеживаемости зависят от лица или организации, использующих обоснование безопасности. К документам, подаваемым на рассмотрение регулирующему органу, предъявляются более строгие требования в отношении прослеживаемости, чем к документам, предназначенным для внутреннего использования оператором;
- при проведении итеративной оценки безопасности может возникнуть тенденция к тому, что в ссылках просто указываются решения, принятые в предыдущих итерациях («самоцитирование»). Эксперту, проводящему рассмотрение, может потребоваться ознакомиться с целым рядом документов, прежде чем он найдет исходное допущение, значение параметра или решение, и на это уходит очень

много времени. Кроме того, оговорки и ограничения на работы, содержащиеся в первоисточнике, могут теряться или смягчаться при последовательном повторении. Это может становиться причиной уменьшения доверия к оператору, а следовательно, и уверенности в безопасности пункта захоронения. Поэтому следует приводить прямые ссылки на первоисточники и следует обеспечивать возможность прямой оценки прослеживаемости документации в каждой итерации;

- следует избегать ссылок на «серую литературу» или документы с грифами секретности и конфиденциальности. Если эксперт, проводящий рассмотрение, не может получить доступ к документу, на который дается ссылка, нарушается вся цепочка прослеживаемости;
- необходимость выдерживать цепочку прослеживаемости до первоисточников информации, как правило, делает документ чрезмерно объемным и трудночитаемым. Следовательно, может потребоваться компромисс между прослеживаемостью и прозрачностью. Решение об оптимальном балансе между этими двумя концепциями зависит от каждой конкретной ситуации.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОБОСНОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

7.18. Главной задачей обоснования безопасности является поддержка процесса принятия решений на стадиях разработки, эксплуатации и закрытия пункта захоронения. Например, на ранней стадии обоснование безопасности следует использовать для сравнения и оценки технико-экономической обоснованности различных вариантов захоронения. По мере продвижения программы разработки пункта захоронения обоснование безопасности следует использовать в целях оказания помощи определению основных направлений и управлению работами по характеристике площадки, проведению исследований и разработок, а также проектированию пункта захоронения. Обоснование безопасности следует использовать в качестве источника информации в процессе лицензирования и обеспечения установления соответствующих пределов, мер контроля и условий для разработки и эксплуатации пункта захоронения, которые на любом этапе должны быть согласованы с обоснованием безопасности. Ниже вопросы использования обоснования безопасности обсуждаются более подробно.

## **Сравнение вариантов**

7.19. Обоснование безопасности можно использовать в качестве основы для сравнения вариантов захоронения, например:

- сравнения различных площадок для размещения новых пунктов захоронения, определения приоритетов при характеристике площадки, а также связанных с этим исследований и разработок;
- сравнения различных типов пунктов захоронения, проектов и глубин размещения пункта захоронения (например, см. публикацию [33]);
- сравнения различных мер по менеджменту риска и вариантов реабилитации территорий существующих пунктов захоронения (например, см. публикацию [32]).

## **Определение приоритетов сбора данных и проведения исследований и разработок**

7.20. В обосновании безопасности следует объединять в единое целое знания по большому кругу вопросов и обеспечивать возможность оценки их относительной важности. Изначально обоснование безопасности может в значительной степени основываться на общих сведениях, но по мере продвижения программы разработки пункта захоронения в этот документ будет все более включаться информация по конкретной площадке. Обоснование безопасности следует использовать надлежащим образом для определения направлений и приоритетов вспомогательных работ по сбору данных и программ исследований и разработок так, чтобы в них рассматривались важные области неопределенностей, выявленных в обосновании безопасности.

## **Проектирование и эксплуатация пункта захоронения**

7.21. Обоснование безопасности следует использовать в качестве инструмента поддержки проектирования в ходе разработки пункта захоронения. В проекте Агентства по ядерной энергии ОЭСР «Система инженерно-технических барьеров» (см. публикацию [43]) содержится несколько примеров использования обоснования безопасности при инженерно-техническом проектировании и оптимизации.

7.22. Следует обеспечивать, чтобы эксплуатация пункта захоронения постоянно осуществлялась в соответствии с обоснованием безопасности, так чтобы эксплуатационные решения не оказывали непреднамеренного

воздействия на долгосрочную функциональную эффективность системы захоронения. При обновлении обоснования безопасности следует изучать значимые для безопасности эксплуатационные решения до их реализации.

## **Лицензирование**

7.23. Основная функция обоснования безопасности заключается в обеспечении процесса подачи заявки на получение лицензии и ее утверждения регулирующим органом. Регулирующий орган может потребовать пересмотра обоснования безопасности на различных стадиях процесса лицензирования, в том числе при выдаче разрешения на строительство, эксплуатацию и закрытие пункта захоронения, а также при существенном изменении его состояния. Обоснование безопасности следует также периодически обновлять с целью включения в него новой информации, полученной в соответствии с регулирующими требованиями.

## **8. ПРОЦЕСС РАССМОТРЕНИЯ РЕГУЛИРУЮЩИМ ОРГАНОМ**

8.1. Процесс принятия регулирующих решений может предусматривать участие одного или нескольких регулирующих органов и может также быть предметом пристального внимания общественности и других заинтересованных сторон. Степень доверия к этому процессу повышается, если регулирующий орган применяет скоординированный подход, с тем чтобы дать возможность заинтересованным сторонам убедиться, что регулирующие решения основаны на тщательном и комплексном изучении обоснования безопасности, подготовленного оператором и представленного регулирующему органу для одобрения (см. пункт 3.8). Рассмотрение следует проводить в соответствии с планами, определенными для процесса рассмотрения регулирующим органом, требованиями, установленными в публикации [44], и рекомендациями, изложенными в публикации [45]. В следующих разделах обсуждаются некоторые важные элементы процесса рассмотрения регулирующим органом обоснования безопасности и оценки безопасности пунктов захоронения. Руководящие материалы по рассмотрению обоснования безопасности применимы также и к другим процессам рассмотрения, таким как внутреннее рассмотрение в организации-операторе или внешняя независимая экспертиза.

## ЦЕЛИ И ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА РАССМОТРЕНИЯ РЕГУЛИРУЮЩИМ ОРГАНОМ

8.2. При определении целей рассмотрения регулирующим органом обоснования безопасности следует учитывать статус пункта захоронения (например, предлагается ли пункт захоронения, находится ли он в стадии разработки, эксплуатации, повторной оценки, закрытия или долгосрочного наблюдения), а также связанный с ним контекст оценки безопасности.

8.3. Общая цель рассмотрения регулирующим органом заключается в проверке того, что пункт захоронения не окажет неприемлемого неблагоприятного влияния на здоровье и безопасность людей или на окружающую среду как в настоящее время, так и в будущем. Как правило, для достижения этой цели в процессе рассмотрения регулирующим органом будут решаться следующие задачи:

- определение приемлемости уровня разработки обоснования безопасности (с точки зрения его качества, степени детализации и демонстрируемой глубины понимания) и его соответствия целевому назначению;
- проверка соответствия обоснования безопасности и лежащих в его основе допущений принятым принципам обращения с радиоактивными отходами, регулирующим требованиям и ожиданиям;
- определение того, обеспечивает ли обоснование безопасности надлежащую и соответствующую основу с целью демонстрации того, что предлагаемый пункт захоронения будет эксплуатироваться безопасным образом и обеспечивает разумную уверенность в надлежащем уровне безопасности пункта захоронения в период после закрытия;
- проверка того, что были определены и рассмотрены соответствующие меры по смягчению маловероятных потенциальных эффектов и что разработаны надлежащие планы последующей деятельности по их осуществлению;
- определение того, были ли четко выявлены вопросы, требуемые регулирующим органом для решения оператором;
- выявление любых неразрешенных вопросов и проверка наличия у оператора разработанных планов по их решению.

8.4. Для облегчения оценки обоснования безопасности на предмет достижения основных целей его рассмотрения регулирующим органом часто используется ряд вспомогательных задач. В их число следует включить оценку обоснования безопасности по перечисленным ниже критериям:

- использование соответствующего контекста для его разработки;
- полнота содержащейся информации с учетом стадии разработки пункта захоронения;
- обеспечение необходимого уровня прозрачности представленных данных и информации;
- компетентность разработчиков и применение утвержденной системы менеджмента;
- проведение независимой экспертизы;
- обоснованность сделанных допущений и использование надлежащих методик оценки и моделей, удовлетворительность вспомогательной аргументации;
- демонстрация надлежащего понимания системы захоронения, включая выявление и скрининг опасностей и связанных с ними сценариев с учетом всех необходимых функций безопасности и всех потенциальных угроз безопасности;
- четкость описания процессов определения, установления, обоснования и оптимизации пределов, мер контроля и условий;
- четкость выявления неопределенностей, связанных с пониманием системы захоронения (включая использованные исходные данные и модели), а также с функциональной эффективностью пункта захоронения;
- обеспечение надлежащей оценки и поддерживающего обоснования оптимизации радиационного облучения и демонстрации оптимизации безопасности;
- надлежащее рассмотрение в соответствующих случаях обоснования и оптимизации мероприятий по восстановлению территории для существующих пунктов захоронения;
- учет всех соответствующих факторов системы менеджмента, подлежащих применению при выборе площадки, строительстве, вводе в эксплуатацию, эксплуатации и закрытии пункта захоронения (например, внешних и внутренних аудитов, верификации и валидации, использования персонала, обладающего надлежащей квалификацией и опытом, обучения персонала, контроля деятельности субподрядчиков, принятия мер по выводам и рекомендациям);

- демонстрация использования при проектировании пункта захоронения положительной инженерно-технической практики, обеспечивающей надлежащую глубокоэшелонированную защиту;
- определение программы дальнейших работ над обоснованием безопасности, понимание системы захоронения и ведомственного контроля площадки.

8.5. При определении целей и сферы охвата рассмотрения следует учитывать перечисленные ниже важные моменты:

- важные для площадки вопросы безопасности;
- объем информации о безопасности, представленной оператором, и ресурсы, имеющиеся у регулирующего органа для оценки этой информации;
- будут ли при рассмотрении изучены вопросы только радиологического воздействия на людей или также и вопросы другого воздействия, например связанного с содержащимися в отходах опасными материалами;
- будут ли при рассмотрении изучены, помимо общего воздействия пункта захоронения на окружающую среду, воздействия на население, работников и другие виды живой природы;
- каким разделам обоснования безопасности следует уделить наибольшее внимание при рассмотрении;
- использование результатов рассмотрения регулирующим органом; например, будут ли они использованы для информационного взаимодействия по вопросам лицензирования между оператором и другими заинтересованными сторонами, для лицензирования пункта захоронения или для определения условий на существующем пункте захоронения.

8.6. Существует ряд ключевых аспектов, влияющих на качество и успех рассмотрения регулирующим органом. Они включают следующее:

- требования и ожидания регулирующего органа, а также критерии оценки безопасности следует четко определять на ранних этапах процесса. Полнота и качество обоснования безопасности и оценки безопасности зачастую зависят от четкости регулирующих требований, а также от ожиданий и подхода регулирующего органа;
- не следует допускать наличия конфликта интересов в процессе рассмотрения регулирующим органом и следует исключить чрезмерное влияние на группу экспертов, проводящих рассмотрение,

- внутренних и внешних соображений, выходящих за рамки сферы охвата и круга ведения рассмотрения;
- следует обеспечивать структурированность и прослеживаемость процесса рассмотрения регулирующим органом с четким описанием распределения ролей и обязанностей, а также процессов принятия решений;
  - регулирующему органу следует располагать персоналом, обладающим экспертными знаниями и опытом выполнения оценок безопасности пунктов захоронения радиоактивных отходов, и следует либо обладать собственными экспертными знаниями, либо иметь доступ к специалистам по всем необходимым дисциплинам, затрагиваемым при такой оценке (см. публикацию [44]);
  - рассмотрение регулирующим органом следует проводить с привлечением ресурсов, соизмеримых с уровнем сложности обоснования безопасности и потенциальными рисками, связанными с рассматриваемым пунктом захоронения;
  - следует осуществлять информационное взаимодействие и поддерживать контакты между оператором и регулирующим органом на протяжении всего процесса рассмотрения регулирующим органом;
  - следует обеспечивать, чтобы процесс рассмотрения регулирующим органом включал систему проведения консультаций с заинтересованными сторонами с четко сформулированными этапами проведения консультаций, их регламентом и процессами принятия решений. Доверие к этому процессу можно повысить путем включения средств для обсуждения хода и результатов процесса рассмотрения;
  - в процессе рассмотрения следует обеспечивать документирование всей аргументации и суждений, лежащих в основе заключений о признании аргументов обоснования безопасности надлежащими или ненадлежащим образом подкрепленными научно-техническими знаниями и соответствии или несоответствии этих аргументов требованиям и ожиданиям регулирующего органа.

## УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ РАССМОТРЕНИЯ

8.7. Управление рассмотрением обоснования безопасности следует считать самостоятельным проектом, в отношении которого применимы принципы эффективного управления проектами (см. публикацию [30]).

8.8. В зависимости от объема рассмотрения может потребоваться создание специальной группы специалистов для его проведения. Рассмотрение может проводиться регулирующим органом при поддержке или без поддержки со стороны внешних организаций, однако за результаты рассмотрения отвечает регулирующий орган, которому следует взять на себя ответственность за эти результаты.

8.9. Регулирующему органу следует располагать хорошо проработанными и документированными процедурами проведения процесса рассмотрения, являющимися составной частью общей системы менеджмента организации.

8.10. Следует обеспечивать, чтобы управление процессом рассмотрения включало перечисленные ниже аспекты:

- определение целей и сферы охвата рассмотрения, а также выявление всех национальных и международных требований, руководящих материалов и рекомендаций, применяемых при разработке обоснования безопасности;
- разработка плана рассмотрения, в котором определены задачи рассмотрения и рассматриваются другие соответствующие темы;
- формирование группы по рассмотрению в составе компетентных сотрудников, обладающих необходимыми знаниями и опытом для проведения рассмотрения;
- разработка графика реализации проекта и выделение необходимых ресурсов для выполнения проектных заданий с учетом возможной ограниченности ресурсов на более поздней стадии;
- определение обязанностей членов группы по рассмотрению и обеспечение прохождения ими необходимого обучения и инструктажа по методологии рассмотрения;
- координация выполнения задач рассмотрения и обеспечение необходимого информационного взаимодействия и контактов между членами группы по рассмотрению;
- выявление на ранней стадии рассмотрения областей, важных с точки зрения принятия регулирующими решениями, которые описаны недостаточно ясно или допускают неоднозначное толкование;
- установление официального процесса с целью определения вопросов, требующих решения оператором, и механизма отслеживания дальнейшего рассмотрения и решения этих вопросов;
- координация процесса информационного обмена и контактов с оператором пункта захоронения и другими заинтересованными сторонами в процессе рассмотрения;

- анализ и сведение воедино документов, созданных в процессе рассмотрения;
- подведение итогов, документирование и информирование о результатах рассмотрения.

8.11. Следует обеспечивать, чтобы процедуры, применяемые при рассмотрении, позволяли регулирующему органу проводить проверку того, что рассмотрение обоснования безопасности было проведено компетентными специалистами и было зарегистрировано прослеживаемым и контролируемым образом. В процедурах для конкретного проекта следует предусматривать структурированные подходы к документированию замечаний по результатам рассмотрения, указанию требуемой компетенции, обязанностей и задач при рассмотрении, регистрации статуса замечаний по результатам рассмотрения и решению вопросов при появлении различающихся или противоположных точек зрения или замечаний по результатам рассмотрения обоснования безопасности. Могут потребоваться и другие процедуры, если рассмотрение предусматривает выполнение регулирующим органом таких задач, как проведение аудитов или независимых расчетов.

8.12. Для каждого рассмотрения регулирующим органом потребуется план рассмотрения, в котором будут определены процедурные и технические аспекты рассмотрения. В руководящие материалы по процедурам следует включать средства документирования результатов рассмотрения. В технических руководящих материалах следует указывать критерии оценки конкретных аспектов обоснования безопасности. Таким образом, этот план рассмотрения можно использовать в качестве шаблона, на основе которого может быть разработан план рассмотрения для конкретного проекта. В качестве примеров таких планов рассмотрения конкретных проектов можно привести планы, разработанные для пункта захоронения низкоактивных отходов в Великобритании [46] и проекта «Юкка-Маунтин» в США [47].

8.13. Следует обеспечивать, чтобы процесс рассмотрения регулирующим органом в максимально возможной степени обладал перечисленными ниже характеристиками:

- следует обеспечивать, чтобы группа по рассмотрению обладала спектром экспертных знаний, приемлемым для проведения рассмотрения, в том числе практическим опытом в областях, являющихся наиболее значимыми с точки зрения рассматриваемого обоснования безопасности;

- следует обеспечивать, чтобы группа по рассмотрению обладала опытом рассмотрения аналогичных обоснований безопасности;
- следует обеспечивать, чтобы группа по рассмотрению понимала контекст проводимого рассмотрения (например, обладала определенными знаниями о пункте захоронения и регулирующих положениях, регламентирующих выдачу для него официального разрешения);
- следует обеспечивать, чтобы группа по рассмотрению обладала обширными знаниями в области практики и программ обращения с отходами, применяемых как в пределах государства, так и за рубежом;
- следует обеспечивать, чтобы группа по рассмотрению состояла из лиц, выводы которых будут рассматриваться заинтересованными сторонами как заслуживающие доверия;
- следует обеспечивать, чтобы группа по рассмотрению была независима от оператора, а ее члены не принимали участия в разработке рассматриваемого обоснования безопасности или проведении каких-либо вспомогательных работ и не принимали непосредственного участия в управлении рассматриваемым пунктом захоронения, а также в его финансировании или эксплуатации.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕГУЛИРУЮЩИМ ОРГАНОМ ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОГО ПОДХОДА

8.14. Следует обеспечивать, чтобы степень углубленности и сфера охвата рассмотрения регулирующим органом обоснования безопасности определялись дифференцированным подходом. При принятии решений о степени углубленности и объеме процесса рассмотрения следует учитывать:

- стадию разработки и эксплуатации пункта захоронения или элемента системы захоронения;
- величину опасностей и рисков (последствия и вероятности) в период после закрытия с учетом соответствующих факторов, связанных с площадкой, аспектов проекта пункта захоронения, отходов, подлежащих захоронению, вероятности проникновения человека и т. д.;
- сложность, значимость для безопасности и степень зрелости предлагаемого пункта захоронения или элемента системы захоронения;
- использование оператором хорошо зарекомендовавших себя практики, процедур и проектных решений;

- наличие знаний об эксплуатационных характеристиках аналогичных объектов или видов практики;
- аспекты, связанные с оператором (например, сведения о работе оператора и его опыте проектирования или строительства пунктов захоронения или их элементов, технологического проектирования, разработки обоснований безопасности, разработки и применения систем менеджмента);
- соответствующий опыт, накопленный на аналогичных пунктах захоронения (национальный и зарубежный);
- технические или связанные с безопасностью вопросы, вызывающие обеспокоенность других компетентных органов.

## ПРОВЕДЕНИЕ РАССМОТРЕНИЯ И ОТЧЕТНОСТЬ О ЕГО РЕЗУЛЬТАТАХ

8.15. Как правило, процесс рассмотрения регулирующим органом будет состоять из четырех этапов:

- a) этап, предшествующий рассмотрению, до получения каких-либо документов от оператора, на котором следует провести первоначальное планирование рассмотрения. Обычно на этом этапе следует обеспечивать проведение ряда совещаний с оператором, с тем чтобы улучшить понимание объема информации, которая будет предоставляться;
- b) этап первоначального рассмотрения, на котором регулирующему органу следует провести первоначальную оценку представленных документов с целью анализа полноты обоснования безопасности и наличия вспомогательных документов, а также провести предварительное выявление вопросов, наиболее важных с точки зрения безопасности. При оценке полноты обоснования безопасности следует проверить соответствие предоставленной информации ожиданиям регулирующего органа в отношении обоснования безопасности. Эту проверку следует документально оформлять и следует подготовить ряд подробных замечаний по результатам рассмотрения, которые могут потребовать дополнительной информации. Регулирующему органу следует провести рассмотрение и оценку всей дополнительной информации, полученной от оператора в ответ на замечания по результатам рассмотрения;
- c) этап основного технического рассмотрения, на котором будет выполнен основной объем работ. В него следует включать разработку

подробных замечаний по результатам рассмотрения, и он может также включать оценку дополнительной информации, направляемой оператором в ответ на полученные замечания;

- d) завершающий этап, на котором следует определить основные выводы рассмотрения и использовать их для информационного обеспечения процесса принятия решений.

8.16. Помимо оценки документации, представленной оператором, процесс рассмотрения регулирующим органом обоснования безопасности может предусматривать привлечение независимых экспертов и других заинтересованных сторон.

8.17. Завершающий этап рассмотрения будет включать разработку итогового отчета о рассмотрении. Единственного правильного способа организации подготовки и представления такого отчета не существует, и каждый такой отчет необходимо будет адаптировать в зависимости от особенностей конкретного проведенного рассмотрения. Регулирующему органу следует предусмотреть включение в итоговый отчет о рассмотрении следующих разделов:

- введение: краткое описание цели рассмотрения и исходной информации, названия рассмотренных документов и информация об их разработчиках, сводные данные по площадке, информация об организациях, принявших участие в рассмотрении и т. п.;
- сфера охвата и задачи рассмотрения: высокоуровневые цели рассмотрения (включая ссылки на применяемые регулирующие требования) и общий обзор процесса рассмотрения с точки зрения сферы охвата и т. д. Если отчет о рассмотрении является либо кратким (например, итоговый отчет перед лицензированием), либо частичным отчетом о рассмотрении, который будет сопровождаться другими завершенными ранее подтверждающими отчетами о рассмотрении, следует представить краткую информацию по этим отчетам с указанием их общей сферы охвата и применимости;
- применяемые регулирующие требования: перечень регулирующих положений, установленных процедур и/или международных рекомендаций, соблюдение которых было предметом рассмотрения. Сюда следует включить краткие сведения о ключевых вопросах, изложенных в регулирующих положениях, процедурах и/или международных рекомендациях;
- методология и процесс рассмотрения: описание процедуры проведения рассмотрения регулирующим органом, включая

описание плана рассмотрения с указанием этапов реализации процесса (предварительное рассмотрение, основное рассмотрение, рассмотрение пересмотренных документов и т. п.), взаимодействие с оператором, категоризация замечаний, требования к формату замечаний и методика их подготовки, взаимодействие между специалистами группы, проводящей рассмотрение, и т. д. и решение вопросов, поднятых в замечаниях;

— основные результаты оценки: следует документально оформить описание всех рассмотренных областей со ссылкой на следующие источники (в том числе указать, насколько меры, предпринятые оператором в ответ на замечания регулирующего органа, помогли в разрешении выявленных вопросов):

- основные замечания: это общие замечания, в которых кратко изложены основные недостатки рассмотренных документов в отношении вопросов высокого уровня, таких как стратегия безопасности, контекст, подход и результаты обоснования и оценки безопасности, учет неопределенностей (в сценариях, моделях и параметрах), менеджмент риска и оптимизация, соблюдение основных регулирующих критериев и руководящих материалов, соответствующих пределов и условий, а также программа будущей разработки обоснования безопасности;
- конкретные замечания: более детальные результаты рассмотрения, касающиеся основных рассмотренных технических областей, характеристики пункта захоронения, количества отходов и моделирования миграции радионуклидов из пункта захоронения в окружающую среду с учетом инженерно-технических аспектов, а также аспектов, связанных с геологией, гидрогеологией, химией, климатом, биосферой и возможностью проникновения человека;
- нерешенные вопросы и неопределенности: замечания по вопросам, оставшимся нерешенными. Следует отметить их относительную значимость с точки зрения безопасности, а также при необходимости указать на действия, которые следует предпринять в целях решения вопросов, поднятых в этих замечаниях. В этом разделе следует привести описание и обоснование всех условий, необходимых для выдачи официального разрешения на пункт захоронения;
- выводы: выводы рассмотрения следует излагать в отношении тех вопросов, которые подлежат рассмотрению в процессе лицензирования или получения официального разрешения на пункт захоронения, таких как дополнительная информация, которую должен представить оператор, работа по пересмотру

оценки безопасности, средства мониторинга и иные меры контроля, применяемые в отношении площадки или отходов, ограничения по количеству отходов, менеджмент риска и критерии приемлемости отходов. Кроме того, следует привести рекомендации по условиям выдачи официального разрешения;

- справочные материалы: перечень справочных документов, использованных при рассмотрении, а также выпущенные ранее отчеты, обосновывающие содержание итогового отчета о рассмотрении. Следует документировать все руководящие документы, использованные при рассмотрении;
- соответствующая информация, подтверждающая квалификацию специалистов группы, проводившей рассмотрение.

8.18. При документировании замечаний и оценок по результатам рассмотрения следует обеспечивать указанное ниже:

- следует представить краткое описание подхода, использованного при разработке обоснования безопасности, и результатов его применения с указанием конкретных ссылок на источники информации;
- следует четко сформулировать в соответствии с принятым стандартным форматом все важные замечания и основания, на которых эти замечания были сделаны, причем каждому замечанию в целях облегчения использования перекрестных ссылок следует присвоить свой уникальный идентификационный номер;
- следует отметить важность замечания с точки зрения безопасности, понимания систем и/или средств контроля пункта захоронения;
- следует четко указать меры, которые необходимо предпринять для решения вопросов, обозначенных в замечаниях по результатам рассмотрения.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- [1] АГЕНТСТВО ПО ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГИИ ОЭСР, ВСЕМИРНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ, ЕВРОПЕЙСКОЕ СООБЩЕСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, МЕЖДУНАРОДНАЯ МОРСКАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ, МЕЖДУНАРОДНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ТРУДА, МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, ПАНАМЕРИКАНСКАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ, ПРОГРАММА ОРГАНИЗАЦИИ ОБЪЕДИНЕННЫХ НАЦИЙ ПО ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ, ПРОДОВОЛЬСТВЕННАЯ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ОБЪЕДИНЕННЫХ НАЦИЙ, Основополагающие принципы безопасности, Серия норм безопасности МАГАТЭ, № SF-1, МАГАТЭ, Вена (2006).
- [2] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Захоронение радиоактивных отходов, Серия норм безопасности МАГАТЭ, № SSR-5, МАГАТЭ, Вена (2011).
- [3] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Safety Assessment for Facilities and Activities, IAEA Safety Standards Series No. GSR Part 4, IAEA, Vienna (2009).
- [4] NATIONAL RADIOACTIVE WASTE MANAGEMENT AGENCY, Dossier 2005 Argile: Synthesis Evaluation of the Feasibility of a Geological Repository in an Argillaceous Formation, ANDRA, Paris (2005).
- [5] NATIONAL RADIOACTIVE WASTE MANAGEMENT AGENCY, Dossier 2005 Argile: Tome Architecture and Management of a Geological Repository, 4/497, ANDRA, Paris (2005).
- [6] NATIONAL RADIOACTIVE WASTE MANAGEMENT AGENCY, Dossier 2005 Argile: Tome Phenomenological Evolution of a Geological Repository, 13/520, ANDRA, Paris (2005).
- [7] NATIONAL RADIOACTIVE WASTE MANAGEMENT AGENCY, Dossier 2005 Argile: Tome Safety Evaluation of a Geological Repository, 232/737, ANDRA, Paris (2005).
- [8] NATIONAL CO-OPERATIVE FOR THE DISPOSAL OF RADIOACTIVE WASTE, Nagra 2002a, Project Opalinus Clay: Safety Report. Demonstration of Disposal feasibility for Spent Fuel, Vitrified High-level Waste and Long-lived Intermediate-level Waste (Entsorgungsnachweis), NAGRA Technical Rep. NTB 02-05, Wettingen, Switzerland (2002).
- [9] NATIONAL CO-OPERATIVE FOR THE DISPOSAL OF RADIOACTIVE WASTE, Nagra 2002b, Project Opalinus Clay: Models, Codes and Data for Safety Assessment. Demonstration of Disposal Feasibility for Spent Fuel, Vitrified High-level Waste and Long-lived Intermediate-level Waste (Entsorgungsnachweis), NAGRA Technical Rep. NTB 02-06, Wettingen, Switzerland (2002).
- [10] NUCLEAR INDUSTRY RADIOACTIVE WASTE EXECUTIVE, Preliminary Postclosure Assessment of a Reference Repository Concept for UK High-level Waste/ Spent Fuel, Harwell, UK (2006).
- [11] ONDRAF/NIRAS, Safety Assessment and Feasibility Interim Report 2, ONDRAF Rep. No. NIRON2001-05F, Brussels (2002).

- [12] POSIVA OY, Safety Case Plan 2008, POSIVA Rep. 2008-05, Olikiluoto, Finland (2008).
- [13] SWEDISH NUCLEAR FUEL AND WASTE MANAGEMENT CO., Long-term Safety for KBS-3 Repositories at Forsmark and Laxemar — A First Evaluation, Main Report of the SR-Can Project, SKB Technical Rep. No. TR-06-09, SKB, Stockholm, Sweden (2006).
- [14] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Geological Disposal Facilities for Radioactive Waste, IAEA Safety Standards Series No. SSG-14, IAEA, Vienna (2011).
- [15] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Скважинные установки для захоронения радиоактивных отходов, Серия норм безопасности МАГАТЭ, № SSG-1, МАГАТЭ, Вена (2009).
- [16] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Обращение с радиоактивными отходами, образующимися при добыче и переработке руд, Серия норм безопасности МАГАТЭ, № WS-G-1.2, МАГАТЭ, Вена (2005).
- [17] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Классификация радиоактивных отходов, Серия норм безопасности МАГАТЭ, № GSG-1, МАГАТЭ, Вена (2009).
- [18] Объединенная конвенция о безопасности обращения с отработавшим топливом и о безопасности обращения с радиоактивными отходами, INFCIRC/546, МАГАТЭ, Вена (1997).
- [19] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards — Interim Edition, IAEA Safety Standards Series No. GSR Part 3 (Interim), IAEA, Vienna (2011).
- [20] МЕЖДУНАРОДНАЯ КОМИССИЯ ПО РАДИАЦИОННОЙ ЗАЩИТЕ, Рекомендации 1990 года Международной комиссии по радиационной защите, Публикация 60, Москва, Энергоиздат (1994).
- [21] INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION, Radiological Protection Policy for the Disposal of Radioactive Waste, Publication 77, Pergamon Press, Oxford and New York (1997).
- [22] INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION, Radiation Protection Recommendations as Applied to the Disposal of Long-lived Solid Radioactive Waste, Publication 81, Pergamon Press, Oxford and New York (2000).
- [23] INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION, Assessing Dose of the Representative Person for the Purpose of Radiation Protection of the Public and the Optimisation of Radiological Protection, Publication 101, Pergamon Press, Oxford and New York (2006).
- [24] МЕЖДУНАРОДНАЯ КОМИССИЯ ПО РАДИАЦИОННОЙ ЗАЩИТЕ, Рекомендации 2007 года МКРЗ, Публикация 103, ФМБЦ им. А.И. Бурназяна при поддержке ФМБА России, Москва (2009).
- [25] OECD NUCLEAR ENERGY AGENCY, Post-closure Safety Case for Geological Repositories: Nature and Purpose, OECD, Paris (2004).
- [26] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Safety Assessment Methodologies for Near Surface Disposal Facilities, ISAM, Vol. 1 — Review and enhancement of safety assessment approaches and tools, Vol. 2 — Test cases, IAEA, Vienna (2004).

- [27] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, The Safety Case and Safety Assessment for Predisposal Management of Radioactive Waste, IAEA Safety Standards Series No. GSG-3, IAEA, Vienna (в стадии подготовки).
- [28] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Safety of Nuclear Power Plants: Commissioning and Operation, IAEA Safety Standards Series No. SSR-2/2, IAEA, Vienna (2011).
- [29] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Радиационная защита и обращение с радиоактивными отходами при эксплуатации атомных электростанций, Серия норм безопасности МАГАТЭ, № NS-G-2.7, МАГАТЭ, Вена (2005).
- [30] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Система управления для установок и деятельности, Серия норм безопасности МАГАТЭ, № GS-R-3, МАГАТЭ, Вена (2008).
- [31] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Применение системы управления для установок и деятельности, Серия норм безопасности МАГАТЭ, № GS-G-3.1, МАГАТЭ, Вена (2009).
- [32] ENVIRONMENT AGENCY, SCOTTISH ENVIRONMENT PROTECTION AGENCY, Guidance for the Environment Agencies' Assessment of Best Practicable Environmental Option Studies at Nuclear Sites, Environment Agency, Bristol (2004).
- [33] UNITED KINGDOM ATOMIC ENERGY AUTHORITY, Dounreay LLW Strategy Development Best Practicable Environmental Option Study, UKAEA Rep. No. GNGL (04) TR75, Dounreay, UKAEA, Harwell, UK (2004).
- [34] OECD NUCLEAR ENERGY AGENCY, International Peer Reviews for Radioactive Waste Management: General Information and Guidelines, Rep. NEA 6082, OECD, Paris (2005).
- [35] OECD NUCLEAR ENERGY AGENCY, International Peer Reviews in the Field of Radioactive Waste: Questionnaire on Principles and Good Practice for Safety Cases, Rep. NEA/RWM/PEER(2005)2, OECD, Paris (2005).
- [36] OECD NUCLEAR ENERGY AGENCY, The Handling of Timescales in Assessing Post-closure Safety of Deep Geological Repositories (Proc. Workshop Paris, 2002), OECD, Paris (2004).
- [37] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Evaluating the Reliability of Predictions Made Using Environmental Transfer Models, IAEA Safety Series No. 100, IAEA, Vienna (1989).
- [38] OECD NUCLEAR ENERGY AGENCY, Management of Uncertainty in Safety Cases and the Role of Risk (Proc. Workshop Stockholm, 2004), OECD, Paris (2005).
- [39] OECD NUCLEAR ENERGY AGENCY, Future Human Actions at Disposal Sites, Safety Assessment of Radioactive Waste Repositories, A Report of the NEA Working Group on Future Human Actions at Radioactive Waste Disposal Sites, OECD, Paris (1995).
- [40] OECD NUCLEAR ENERGY AGENCY, Reversibility and Retrievability in Geologic Disposal of Radioactive Waste, OECD, Paris (2002).

- [41] GOLDAMMER, W., “Application of probabilistic risk based optimization approaches in environmental remediation”, paper presented at the ICEM '95 Fifth Int. Conf. on Radioactive Waste Management and Environmental Remediation, Berlin (1995).
- [42] GOLDAMMER, W., NÜSSER, A., Cost-Benefit Analyses as Basis for Decision Making in Environmental Restoration (Proc. Conf. WM 99 Tucson, AZ, 1999), Tucson, AZ (1999).
- [43] BENNETT, D.G., HOOPER, A.J., VOINIS, S., UMEKI, H., The Role of the Engineered Barrier System in Safety Cases for Geological Radioactive Waste Repositories: An NEA Initiative in Co-operation with the EC (Proc. Int. Conf. Las Vegas, NV 2006), OECD, Paris (2006).
- [44] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Государственная, правовая и регулирующая основа обеспечения безопасности, Серия норм безопасности МАГАТЭ, № GSR Part 1, МАГАТЭ, Вена (2011).
- [45] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Рассмотрения и оценки, проводимые регулирующим органом для ядерных установок, Серия норм безопасности МАГАТЭ, № GS-G-1.2, МАГАТЭ, Вена, (2004).
- [46] DUERDEN, S.L., YEARSLEY, R.A., BENNETT D.G., Review Plan for the Assessment of the 2002 Post-Closure Safety Case for the Drigg Low-Level Radioactive Waste Disposal Site, Environmental Policy — Risk and Forecasting, Guidance Note No. 44, Environment Agency, Bristol (2003).
- [47] NUCLEAR REGULATORY COMMISSION, Yucca Mountain Review Plan, Draft Report for Comment, Rep. NUREG-1806 (Rev. 2), NRC, Washington, DC (2002).

## СОСТАВИТЕЛИ И РЕЦЕНЗЕНТЫ

Abu-Eid, R.	Комиссия по ядерному регулированию, Соединенные Штаты Америки
Avila Moreno, R.	«Фасилиа АБ», Швеция
Belfadhel, M.B.	Комиссия по ядерной безопасности Канады, Канада
Bennett, D.G.	«ТерраСалюс Лимитед», Соединенное Королевство
Bruno, G.	Международное агентство по атомной энергии
Goldammer, W.	Консультант, Германия
Hugi, M.	Швейцарская федеральная инспекция по ядерной безопасности, Швейцария
Kawakami, H.	Японская организация по безопасности ядерной энергетики, Япония
Metcalf, P.E.	Международное агентство по атомной энергии
Nys, V.	Федеральное агентство ядерного контроля, Бельгия
Serres, C.	Институт радиационной защиты и ядерной безопасности, Франция
Wollrath, J.	Федеральное ведомство по радиационной защите, Германия



## ОРГАНЫ, УЧАСТВУЮЩИЕ В ОДОБРЕНИИ НОРМ БЕЗОПАСНОСТИ МАГАТЭ

*Звездочкой отмечены члены-корреспонденты. Членам-корреспондентам направляются проекты документов для замечаний, а также другая документация, но они, как правило, не принимают участия в работе совещаний. Двумя звездочками отмечены заместители.*

### **Комиссия по нормам безопасности**

*Австралия: Larsson, С.-М.; Аргентина: Gonzalez, А.Ј.; Бельгия: Samain, Ј.-Р.; Бразилия: Salati de Almeida, I.P.; Германия: Vorwerk, А.; Израиль: Markovits, М.; Индия: Bajaj, S.S.; Испания: Gurguі Ferrer, А.; Канада: Jammal, R.; Китай: Jun Yu; Корея, Республика: Yun, С.-Н.; Литва: Demčenko, М.; Малайзия: Raja Adnan, R.; Марокко: Soufi, I.; Объединенные Арабские Эмираты: Travers, W.; Пакистан: Habib, М.А.; Российская Федерация: Беззубцев, В.С.; Соединенное Королевство: Weightman, М.; Соединенные Штаты Америки: Weber, М.; Финляндия: Reiman, L.; Франция: Lacoste, А.-С.; Чешская Республика: Drábová, D. (председатель); Швеция: Lund, I.; Южная Африка: Phillips, С.О.; Япония: Nakamura, К.; Агентство по ядерной энергии ОЭСР: Yoshimura, U.; Европейская комиссия: Faross, P.; Консультативная группа по вопросам физической ядерной безопасности: Raja Adnan, А.; МАГАТЭ: Delattre, D. (координатор); Международная группа по ядерной безопасности: Meserve, R.; Международная комиссия по радиологической защите: Cousins, С.; председатели комитетов по нормам ядерной безопасности: Feron, F. (НУССК); Massera, G. (РАССК); Brach, E.W. (ТРАНССК); Williams, G. (ВАССК).*

### **Комитет по нормам ядерной безопасности**

*Австралия: Ward, Ј.; Австрия: Sholly, S.; \*Алжир: Merrouche, D.; Аргентина: Waldman, R.; Бельгия: De Boeck, В.; \*Болгария: Vlahov, N.; Бразилия: Gromann, А.; Венгрия: Adorján, F.; Германия: Weidenbrück, К.; \*Греция: Nikolaou, G.; Египет: Ibrahim, М.; Израиль: Harari, R.; Индия: Vaze, К.; \*Индонезия: Antariksawan, А.; Иран, Исламская Республика: Mataji Kojouri, N.; Испания: Zarzuela, Ј.; Италия: Matteocci, L.; Канада: Rzentkowski, G.; \*Кипр: Demetriades, P.; Китай: Li, Jingxi; Корея, Республика: Lee, S.; Ливия: Abulagassem, O.; Литва: Šlepavičius, S.; Малайзия: Azlina Mohammed Jais; Марокко: Soufi, I.; Мексика: Carrera, А.; Объединенные Арабские Эмираты: Grant, I.; Пакистан: Mansoor, F.; Панама: Gibbs, E.; Польша: Kielbasa, W.; Российская Федерация: Строганов, А.; Румыния:*

Ciurea-Ercau, С.; Словакия: Uhrík, P.; Словения: Vojnovič, D.; Соединенное Королевство: Hart, A.; Соединенные Штаты Америки: Case, M.; \*Таиланд: Siripitrom, L.; \*Турция: Kilinc, B.; Украина: Gromov, G.; Финляндия: Järvinen, M.-L.; Франция: Feron, F. (председатель); Хорватия: Medaković, S.; Чешская Республика: Vesely, J.; Швейцария: Flury, P.; Швеция: Hallman, A.; Япония: Maki, S.; Агентство по ядерной энергии ОЭСР: Reig, J.; Всемирная ядерная ассоциация: Fröhmel, T.; Европейская комиссия: Vigne, S.; МАГАТЭ: Svab, M. (координатор); Международная организация по стандартизации: Sevestre, B.; Международная электротехническая комиссия: Bouard, J.-P.; ЭНИСС: Bassing, G.

### **Комитет по нормам радиационной безопасности**

Австралия: Topfer, H.; \*Австрия: Karg, V.; \*Алжир: Chelbani, S.; Аргентина: Massera, G. (председатель), \*\*Gregory, B.; Бельгия: van Bladel, L.; \*Болгария: Katsarska, L.; Бразилия: Da Hora Marechal, M.H.; Венгрия: Koblinger, L.; Германия: Helming, M.; \*Греция: Kamenopoulou, V.; Дания: Øhlenschläger, M.; Египет: Hamed Osman, A.; Израиль: Koch, J.; Индия: Sharma, D.N.; \*Индонезия: Rusdian, Y.; Иран, Исламская Республика: Kardan, M.R.; Ирландия: Pollard, D.; Испания: Álvarez, C.; Италия: Bologna, L.; Канада: Thompson, P.; \*Кипр: Demetriades, P.; Китай: Yang, H.; Корея, Республика: Rho, S.; Ливия: El-Fawaris, B.; Литва: Mastauskas, A.; Малайзия: Mishar, M.; Мексика: Delgado Guardado, J.; Нидерланды: Vermeulen, T.; Новая Зеландия: Cotterill, A.; Норвегия: Saxebol, G.; Объединенные Арабские Эмираты: Loy, J.; Пакистан: Nasim, B.; Панама: Gibbs, E.; Перу: Ramirez Quijada, R.; Польша: Merta, A.; Российская Федерация: Михенко, С.; Румыния: Preoteasa, A.; Словакия: Jurina, V.; Словения: Sutej, T.; Соединенное Королевство: Temple, C.; Соединенные Штаты Америки: McDermott, B.; \*Таиланд: Suntarapai, P.; \*Турция: Celik, P.; Украина: Pavlenko, T.; Финляндия: Markkanen, M.; Франция: Godet, J.-L.; Хорватия: Kralik, I.; Чешская Республика: Petrova, K.; Швейцария: Leupin, A.; Швеция: Hägg, A.; Южная Африка: Tselane, T.J.; Япония: Nagata, M.; Агентство по ядерной энергии ОЭСР: Lazo, T.E.; Всемирная организация здравоохранения: Peres, M.; Всемирная ядерная ассоциация: Saint-Pierre, S.; Европейская комиссия: Janssens, A.; Европейские стандарты по безопасности ядерных установок: Lorenz, B.; МАГАТЭ: Colgan, P.A. (координатор); Международная ассоциация поставщиков и изготовителей: Fasten, W.; Международная ассоциация радиационной защиты: Kase, K.; Международная комиссия по радиологической защите: Clement, C.; Международная организация по стандартизации: Rannou, A.; Международное бюро труда: Niu, S.; Научный комитет ООН

по действию атомной радиации: Crick, M.; Панамериканская организация здравоохранения: Jiménez, P.; Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций: Вурон, D.

### **Комитет по нормам безопасности перевозки**

*Австралия:* Sarkar, S.; *Австрия:* Kirchnawy, F.; *Алжир:* Herrati, A.; *Аргентина:* López Vietri, J.; *Бельгия:* Lourtie, G.; *\*Болгария:* Bakalova, A.; *Бразилия:* Xavier, A.M.; *Венгрия:* Sáfár, J.; *Германия:* Richartz, M., \*\*Nitsche, F.; *\*Греция:* Vogiatzi, S.; *Египет:* Nada, A.; *Индия:* Singh, K.; *\*Индонезия:* Sinaga, D.; *Иран, Исламская Республика:* Eshraghi, A.; *Ирландия:* Duffy, J.; *Испания:* Zamora, F.; *Италия:* Trivelloni, S.; *Канада:* Faille, S.; *\*Кипр:* Demetriades, P.; *Китай:* Xiaoqing, Li; *Корея, Республика:* Cho, D.; *Литва:* Statkus, V.; *Малайзия:* Mohd Sobari, M.P., \*\*Hussain, Z.A.; *\*Марокко:* Allach, A.; *Мексика:* Bautista Arteaga, D.M., \*\*Delgado Guardado, J.L.; *Нидерланды:* Ter Morshuizen, M.; *\*Новая Зеландия:* Ardouin, C.; *Норвегия:* Hornkjøl, S.; *Пакистан:* Muneer, M.; *Панама:* Francis, D.; *\*Польша:* Dziubiak, T.; *Российская Федерация:* Бучельников, А., \*\*Ершов, В., \*\*Аникин, А.; *Соединенное Королевство:* Sallit, G.; *Соединенные Штаты Америки:* Boyle, R.W., \*\*Brach, E.W. (председатель), \*\*Weaver, D.; *\*Таиланд:* Jerachanchai, S.; *\*Турция:* Türkes Yılmaz, S.; *Украина:* Kutuzova, T.; *Финляндия:* Lahkola, A.; *Франция:* Kueny, L., \*\*Sert, G.; *Хорватия:* Pijás, B.; *Чешская Республика:* Ducháček, V.; *Швейцария:* Koch, F.; *Швеция:* Zika, H.; *Южная Африка:* Mohajane, P., \*\*Hinrichsen, P., \*\*Mmutle, N.; *Япония:* Kojima, S.; *Всемирная ядерная ассоциация:* Gorlin, S.; *Всемирный институт по ядерным перевозкам:* Neau, H.J.; *Всемирный почтовый союз:* Bowers, D.G.; *Европейская комиссия:* Binet, J.; *Европейская экономическая комиссия Организации Объединенных Наций:* Kervella, O.; *МАГАТЭ:* Stewart, J.T. (координатор); *Международная ассоциация воздушного транспорта:* Brennan, D.; *Международная ассоциация поставщиков и изготовителей:* Miller, J.J.; *Международная организация гражданской авиации:* Rooney, K.; *Международная организация по стандартизации:* Malesys, P.

### **Комитет по нормам безопасности отходов**

*Австралия:* Williams, G. (председатель); *\*Австрия:* Fischer, H.; *\*Алжир:* Ghezal, A.; *Аргентина:* Lee Gonzales, H.A.; *Бельгия:* Blommaert, W.; *\*Болгария:* Alexiev, A.; *Бразилия:* De Souza Ferreira, R.; *Венгрия:* Molnár, B.; *Германия:* Götz, C.; *\*Греция:* Mitrakos, D.; *Дания:* Hannesson, H.; *Египет:* Abdel-Geleel, M.; *Израиль:* Torgeman, S.; *Индия:* Rana, D.; *\*Индонезия:*

Wisnubroto, D.; *Ирак*: Al-Janabi, M.; *Иран, Исламская Республика*: Sebteahmadi, S.; *Испания*: López de la Higuera, J.; *Италия*: Dionisi, M.; *Канада*: Howard, D.; *Кипр*: Demetriades, P.; *Китай*: Zhimin Qu; *Корея, Республика*: Park, W.-J.; *Ливия*: Gremida, K.; *Литва*: Paulikas, V.; *Малайзия*: Hassan, H.; *\*Марокко*: Bouanani, A.; *Мексика*: Aguirre Gómez, J.; *Нидерланды*: van der Shaaf, M.; *\*Новая Зеландия*: Cotterill, A.; *Норвегия*: Lystad, R.; *Пакистан*: Mannan, A.; *Панама*: Fernández, M.A.; *Польша*: Skrzeczkowska, M.; *Российская Федерация*: Поляков, Ю.; *Румыния*: Rodna, A.; *Словакия*: Homola, J.; *Словения*: Kroselj, V.; *Соединенное Королевство*: Chandler, S.; *Соединенные Штаты Америки*: Camper, L.; *\*Таиланд*: Supaokit, P.; *\*Турция*: Ünver, Ö.; *Украина*: Kondratyev, S.; *Финляндия*: Hutri, K.; *Франция*: Evrard, L.; *Хорватия*: Trifunovic, D.; *Чешская Республика*: Lietava, P.; *Швейцария*: Altorfer, F.; *Швеция*: Hedberg, B.; *Южная Африка*: Mosoeunyane, S.; *Япония*: Shiozaki, M.; *Агентство по ядерной энергии ОЭСР*: Riotte, H.; *Всемирная ядерная ассоциация*: Saint-Pierre, S.; *Европейская комиссия*: Necheva, C.; *Европейские стандарты по безопасности ядерных установок — ФОРАТОМ*: Nocture, P.; *МАГАТЭ*: Siraku, G. (координатор); *Международная ассоциация поставщиков и изготовителей*: Fasten, W.; *Международная организация по стандартизации*: James, M.



# IAEA

Международное агентство по атомной энергии

№ 26

## ЗАКАЗ В СТРАНАХ

Платные публикации МАГАТЭ могут быть приобретены у перечисленных ниже поставщиков или в крупных книжных магазинах.

Заказы на бесплатные публикации следует направлять непосредственно в МАГАТЭ. Контактная информация приводится в конце настоящего перечня.

### СЕВЕРНАЯ АМЕРИКА

#### ***Bernan / Rowman & Littlefield***

15250 NBN Way, Blue Ridge Summit, PA 17214, USA

Тел.: +1 800 462 6420 • Факс: +1 800 338 4550

Эл.почта: [orders@rowman.com](mailto:orders@rowman.com) • Сайт: <http://www.rowman.com/bernan>

### ОСТАЛЬНЫЕ СТРАНЫ

Просьба связаться с местным поставщиком по вашему выбору или с вашим основным дистрибьютером:

#### ***Eurospan Group***

Gray's Inn House

127 Clerkenwell Road

London EC1R 5DB

United Kingdom

#### ***Торговые заказы и справочная информация:***

Тел: +44 (0) 1767604972 • Факс: +44 (0) 1767601640

Эл.почта: [eurospan@turpin-distribution.com](mailto:eurospan@turpin-distribution.com)

#### ***Индивидуальные заказы:***

[www.eurospanbookstore.com/iaea](http://www.eurospanbookstore.com/iaea)

#### ***Дополнительная информация:***

Тел: +44 (0) 2072400856 • Факс: +44 (0) 2073790609

Эл.почта: [info@eurospangroup.com](mailto:info@eurospangroup.com) • Сайт: [www.eurospangroup.com](http://www.eurospangroup.com)

### **Заказы на платные и бесплатные публикации можно направлять напрямую по адресу:**

Группа маркетинга и сбыта (Marketing and Sales Unit)

Международное агентство по атомной энергии

Vienna International Centre, PO Box 100, 1400 Vienna, Austria

Телефон: +43 1 2600 22529 или 22530 • Факс: +43 1 26007 22529

Эл.почта: [sales.publications@iaea.org](mailto:sales.publications@iaea.org) • Сайт: <https://www.iaea.org/ru/publikacii>





**Обеспечение безопасности с помощью международных норм**

**МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ  
ВЕНА**