

Нормы безопасности МАГАТЭ

для защиты людей и охраны окружающей среды

Пункты геологического захоронения радиоактивных отходов

Специальное руководство по безопасности
№ SSG-14



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

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

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

ПУБЛИКАЦИИ ПО ДАННОЙ ТЕМЕ

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

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

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

ПУНКТЫ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО
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 Центральном учреждении 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-14

ПУНКТЫ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО
ЗАХОРОНЕНИЯ
РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ

СПЕЦИАЛЬНОЕ РУКОВОДСТВО ПО БЕЗОПАСНОСТИ

МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ
ВЕНА, 2023 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,
A1400 Вена, Австрия
Факс: +43 1 26007 22529
Тел.: +43 1 2600 22417
Эл. почта: sales.publications@iaea.org
<https://www.iaea.org/ru/publikacii>

© МАГАТЭ, 2023

Отпечатано МАГАТЭ в Австрии

Декабрь 2023 года

STI/PUB/1483

ПУНКТЫ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ЗАХОРОНЕНИЯ
РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ
МАГАТЭ, ВЕНА, 2023 ГОД
STI/PUB/1483
ISBN 978-92-0-445122-1 (печатный формат)
ISBN 978-92-0-445022-4 (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.

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 безопасности¹ 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.

¹ 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 (1.1–1.7)	1
	Цель (1.8)	3
	Область применения (1.9–1.13)	3
	Структура (1.14–1.15)	5
2.	ОБЩИЙ ОБЗОР ТЕХНОЛОГИИ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ЗАХОРОНЕНИЯ И ЕЕ ВНЕДРЕНИЯ (2.1–2.6)	6
3.	ПРАВОВАЯ И ОРГАНИЗАЦИОННАЯ ИНФРАСТРУКТУРА (3.1).....	10
	Ответственность государства (3.2–3.3)	10
	Ответственность регулирующего органа (3.4–3.7).....	11
	Ответственность оператора (3.8–3.13).....	13
4.	ПОДХОД К ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ (4.1–4.2) ...	15
	Важность обеспечения безопасности в процессе разработки (4.3–4.7)	15
	Удержание (4.8–4.9).....	18
	Изоляция (4.10–4.12)	19
	Множественные функции безопасности (4.13–4.16)	20
	Пассивная безопасность (4.17–4.18)	22
5.	ОБОСНОВАНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ И ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ (5.1–5.5)	23
	Подготовка, одобрение и использование обоснования безопасности и оценки безопасности (5.6–5.7)	24
	Содержание обоснования безопасности и оценки безопасности (5.8–5.19)	26
	Документирование обоснования безопасности и оценки безопасности (5.20–5.24).....	30
	Понимание и уверенность в безопасности (5.25–5.26)	33

1. ВВЕДЕНИЕ

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

1.1. Радиоактивные отходы — это материал в газообразном, жидком или твердом состоянии, дальнейшее использование которого не предусматривается. Он содержит радионуклиды или загрязнен радионуклидами, концентрации или активности которых превышают уровни освобождения от контроля, установленные регулирующим органом. Радиоактивные отходы образуются в результате эксплуатации атомных электростанций и исследовательских реакторов, осуществления операций в рамках ядерного топливного цикла и другой деятельности, в которой используется радиоактивный материал. Радиоактивные отходы несут в себе потенциальную опасность для здоровья человека и окружающей среды, и с ними следует обращаться таким образом, чтобы никакие сопутствующие риски не превышали приемлемых уровней.

1.2. Термин «геологическое захоронение» означает захоронение твердых радиоактивных отходов на пункте захоронения (установке для захоронения), находящемся под землей в стабильной геологической формации, таким образом, чтобы обеспечить долгосрочное удержание отходов и изоляцию отходов от доступной биосферы. Захоронение подразумевает отсутствие намерения извлекать отходы, хотя такая возможность не исключается. Геологическое захоронение — это способ захоронения, в частности, наиболее опасных типов радиоактивных отходов, которые представляют значительную радиологическую опасность в течение длительных периодов времени.

1.3. Настоящее Руководство по безопасности предназначено для руководителей, регулирующих органов и операторов, занимающихся созданием пунктов геологического захоронения радиоактивных отходов и регулирующим контролем за их работой. В нем содержатся рекомендации по выполнению требований безопасности при захоронении радиоактивных отходов, установленных в SSR-5 [1]. И настоящее Руководство по безопасности, и документ [1] согласуются с принципами безопасности, изложенными в Основополагающих принципах безопасности [2], которые должны применяться во всей деятельности по обращению с радиоактивными отходами. Эти принципы составляют техническую основу Объединенной конвенции о безопасности обращения с отработавшим топливом и о безопасности обращения с радиоактивными отходами [3].

Соответствующие принципы и требования радиационной защиты также установлены в основополагающих принципах безопасности [2] и в Международных основных нормах безопасности для защиты от ионизирующих излучений и безопасного обращения с источниками излучения (ОНБ) [4] соответственно.

1.4. Научные исследования по тематике геологического захоронения радиоактивных отходов ведутся уже несколько десятилетий [5]. Накопленный к настоящему времени практический опыт захоронения радиоактивных отходов в геологических формациях весьма скромен. Что касается высокоактивных отходов, то в ряде государств была проведена характеристика площадок для предполагаемых пунктов геологического захоронения, а в нескольких государствах были сооружены подземные лаборатории или установки для характеристики вмещающих пород. В мире действует лишь несколько пунктов геологического захоронения отходов среднего уровня активности. Опыт закрытия пунктов геологического захоронения крайне ограничен.

1.5. Захоронение в геологических формациях было, в частности, предложено как долгосрочное техническое решение для обращения с отходами высокого и среднего уровня активности. Техничко-экономические обоснования, обоснования безопасности для конкретных площадок и опыт эксплуатации в целом укрепляют уверенность в безопасности геологического захоронения. Решение о реализации этой схемы в конкретном государстве принимается национальными директивными органами с учетом экономических и социальных факторов и национальной политики, нужд и потребностей в области обращения с радиоактивными отходами.

1.6. Как уже отмечалось, опыт строительства и эксплуатации пунктов геологического захоронения ограничен, равно как и практический опыт закрытия таких пунктов. Поэтому рекомендации, представленные в настоящем Руководстве по безопасности, основываются на принципах безопасности, установленных МАГАТЭ [2] и другими международными организациями для геологического захоронения радиоактивных отходов, а также на практическом опыте, накопленном в разных государствах. В будущем настоящее Руководство по безопасности будет перерабатываться и расширяться по мере накопления опыта и развития программ геологического захоронения.

1.7. Между подходом к безопасности, принятым для пункта геологического захоронения, и подходом для ядерной установки есть существенная разница. Она объясняется в первую очередь тем, что основная задача ядерной установки, такой как завод по изготовлению топлива, атомная электростанция или перерабатывающий завод, выполняется в течение срока ее эксплуатации и предполагает производственную деятельность, такую как выработка электроэнергии. Работа ядерных установок базируется на эксплуатационных пределах и условиях, обеспечиваемых применяемыми в них активными системами безопасности. В отличие от ядерной установки, основная задача пункта геологического захоронения долгоживущих отходов заключается в обеспечении пассивной безопасности в течение очень длительных периодов времени (измеряемых тысячами лет и более). Эксплуатационные пределы и условия имеют иное значение для пунктов геологического захоронения, поскольку общая безопасность оценивается исходя из предположения, что такие меры не будут ни эффективными, ни надежными в плане обеспечения безопасности.

ЦЕЛЬ

1.8. Цель настоящего Руководства по безопасности — дать руководящие указания и рекомендации, касающиеся создания пунктов геологического захоронения радиоактивных отходов и регулирующего контроля за их работой для выполнения требований безопасности, установленных в [1]. Оно рассчитано главным образом на тех, кто занимается регулирующим контролем и реализацией проектов геологического захоронения. Вопросы принятия решений о выборе геологического захоронения в качестве варианта обращения с отходами в настоящем Руководстве по безопасности не рассматриваются.

ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

1.9. Настоящее Руководство по безопасности посвящено безопасному устройству подземного пункта захоронения посредством экскавации. Оно не применяется к пунктам скважинного захоронения, рекомендации в отношении которых приведены в [6]. Допускается возможность захоронения радиоактивных отходов в уже существующих подземных выработках, но при этом необходимо будет соблюдать те же требования безопасности, которые установлены в [1].

1.10. Настоящее Руководство по безопасности касается в первую очередь деятельности, связанной с устройством пунктов геологического захоронения после выбора площадки. Следует отметить, что выбор площадки включает в себя широкий круг мероприятий — от первоначального концептуального проектирования и подбора места до подтверждения пригодности площадки для сооружения пункта захоронения. Вопросы характеризации площадки и подтверждения пригодности площадки разбираются в настоящем Руководстве по безопасности, но вопросы выбора площадки здесь не рассматриваются, поскольку такой выбор включает в себя множество нетехнических аспектов, которые составляют специфику данного конкретного общества. Общие рекомендации по техническим и научным аспектам выбора площадки представлены в приложении I.

1.11. Настоящее Руководство по безопасности относится к твердым отходам, которые из-за своего радиоактивного содержимого непригодны для захоронения на полигонах или в приповерхностных сооружениях. Однако может быть принято решение о захоронении отходов, пригодных для размещения в приповерхностных сооружениях, на пункте геологического захоронения (например, о совместном захоронении низкоактивных отходов со среднеактивными отходами). В случае принятия такого решения требования безопасности, изложенные в [1], продолжают действовать, но некоторые аспекты настоящего Руководства по безопасности могут быть неприменимы. В соответствии с дифференцированным подходом, изложенным в ОНБ [4], способность выбранной системы захоронения обеспечивать удержание отходов и изоляцию отходов от людей и окружающей среды должна быть соизмерима с потенциальной опасностью этих отходов.

1.12. Вопросы безопасности перевозки отходов на такие пункты рассматриваются в Правилах безопасной перевозки радиоактивных материалов [7]. В настоящем Руководстве по безопасности нет руководящих указаний по обеспечению безопасности заводов по герметизации и других установок, которые могут быть размещены при пунктах захоронения; к установкам этих типов применяются нормы безопасности МАГАТЭ для нереакторных установок [8].

1.13. Вопросы устройства пунктов захоронения, в том числе проектные или эксплуатационные положения, облегчающие обратные действия с отходами (см. пункт 2.6), включая возможность их извлечения, рассматриваются в ряде национальных программ. В некоторых государствах возможность извлечения отходов после закрытия является законодательным

требованием и представляет собой условие, ограничивающее круг доступных вариантов, которые всегда должны удовлетворять требованиям безопасности при захоронении. В [1] указывается: «Никакое послабление норм или требований безопасности не допустимо на том основании, что извлечение отходов возможно или облегчается конкретным техническим решением. Необходимо обеспечивать, чтобы любое такое решение не оказывало неприемлемого отрицательного воздействия на безопасность или функционирование системы захоронения». Настоящее Руководство по безопасности применимо ко всем пунктам геологического захоронения — независимо от того, предусмотрена ли в проекте или планах эксплуатации возможность извлечения отходов.

СТРУКТУРА

1.14. В разделе 2 представлен общий обзор технологии геологического захоронения и ее внедрения, а также поэтапный подход к созданию пункта геологического захоронения. В разделе 3 даются руководящие указания по обязанностям организационных структур. В разделе 4 рассматривается подход к обеспечению безопасности, а в разделе 5 даются указания по подготовке обоснования безопасности и оценке безопасности. В разделе 6 даются руководящие указания по конкретным этапам процесса создания пункта геологического захоронения. В приложении I содержится дополнительная информация и руководящие указания по выбору площадок для пунктов геологического захоронения, особенно в части потребностей в данных, в приложении II — дополнительная информация по оценке безопасности после закрытия пункта.

1.15. В [1] установлены 26 конкретных требований безопасности, которые применимы к геологическому захоронению радиоактивных отходов и для выполнения которых разработаны рекомендации в настоящем Руководстве по безопасности. Для удобства в настоящем Руководстве по безопасности вначале воспроизводится текст каждого требования безопасности из [1], а затем — соответствующие рекомендации.

2. ОБЩИЙ ОБЗОР ТЕХНОЛОГИИ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ЗАХОРОНЕНИЯ И ЕЕ ВНЕДРЕНИЯ

2.1. Геологическое захоронение — это размещение твердых радиоактивных отходов в сооружении, устроенном под землей в стабильной геологической формации. Для геологического захоронения характерно то, что после закрытия соответствующего пункта его безопасность отчасти обеспечивается пассивными средствами, которыми являются природные характеристики геологической формации. Глубина, выбранная для захоронения на конкретном пункте, будет зависеть от ряда факторов, включая, помимо прочего, климатические условия и динамику подземных вод, стабильность горных пород, состав вмещающей породы, а также характер и уровень опасности отходов.

2.2. Удержание отходов и изоляция отходов от биосферы является общепринятой стратегией обращения с радиоактивными отходами [1]. Удержание и изоляция могут быть обеспечены при помощи ряда взаимодополняющих барьеров, например самой формы отходов, контейнеров для отходов, материалов засыпки и геологических характеристик вмещающей породы, каждый из которых будет эффективен в течение разных отрезков времени. Глубина захоронения и характеристики окружающей геологической среды обеспечивают изоляцию от биосферы и снижают вероятность непреднамеренного или несанкционированного вмешательства человека. Кроме того, благодаря размещению отходов на глубине в стабильной геологической формации можно значительно снизить влияние климатических и других поверхностных процессов.

2.3. С точки зрения радиационной безопасности целесообразно выделить три общих периода, связанных с созданием пункта геологического захоронения, которые описываются ниже.

- 1) *Предэксплуатационный период* включает в себя определение концепций, исследование и подтверждение пригодности площадки, оценку безопасности, выбор площадки, проектные исследования и проработку тех аспектов обоснования безопасности применительно к эксплуатационной безопасности и безопасности после закрытия, которые требуются для создания условий для получения официального разрешения, фактического получения такого разрешения и перехода к строительству пункта захоронения и начальной эксплуатационной

деятельности. В этот период вводятся в действие программы мониторинга и испытаний, необходимые для обоснования решений по управлению эксплуатацией. Дополнительные рекомендации по выбору площадки приведены в разделе 6 и приложении I.

- 2) *Эксплуатационный период* начинается со времени первого приема отходов на пункт. Начиная с этого момента в результате деятельности по обращению с отходами может иметь место радиационное облучение, которое подлежит контролю в соответствии с требованиями радиационной защиты и безопасности. Программы контроля, наблюдения и испытаний продолжают оставаться основой для принятия решений руководителями, ответственными за эксплуатацию, а также решений, касающихся закрытия всего пункта или его отдельных частей. Обоснование безопасности и оценки безопасности на период эксплуатации и на период после закрытия по мере необходимости актуализируются с учетом фактического опыта и возросшего уровня знаний. В течение эксплуатационного периода на пункте могут вестись строительные работы одновременно с размещением отходов в одних частях пункта и закрытием других его частей. Этот период может включать в себя мероприятия по извлечению отходов перед закрытием (если такое извлечение считается необходимым), мероприятия, проводимые после завершения размещения отходов, и закрытие.
- 3) *Период после закрытия* начинается с момента, когда монтаж всех инженерных средств удержания и изоляции завершен, рабочие здания и вспомогательные службы более не функционируют, а пункт приобрел окончательную конфигурацию. После закрытия безопасность пункта захоронения обеспечивается пассивными средствами, которыми являются природные характеристики площадки и пункта, а также характеристики упаковки отходов, хотя ведомственный контроль, в том числе некоторые мероприятия по мониторингу после закрытия, может продолжаться, например для того, чтобы заручиться доверием общества. Действие лицензии прекращается после того, как будут выполнены все необходимые технические, правовые и финансовые требования.

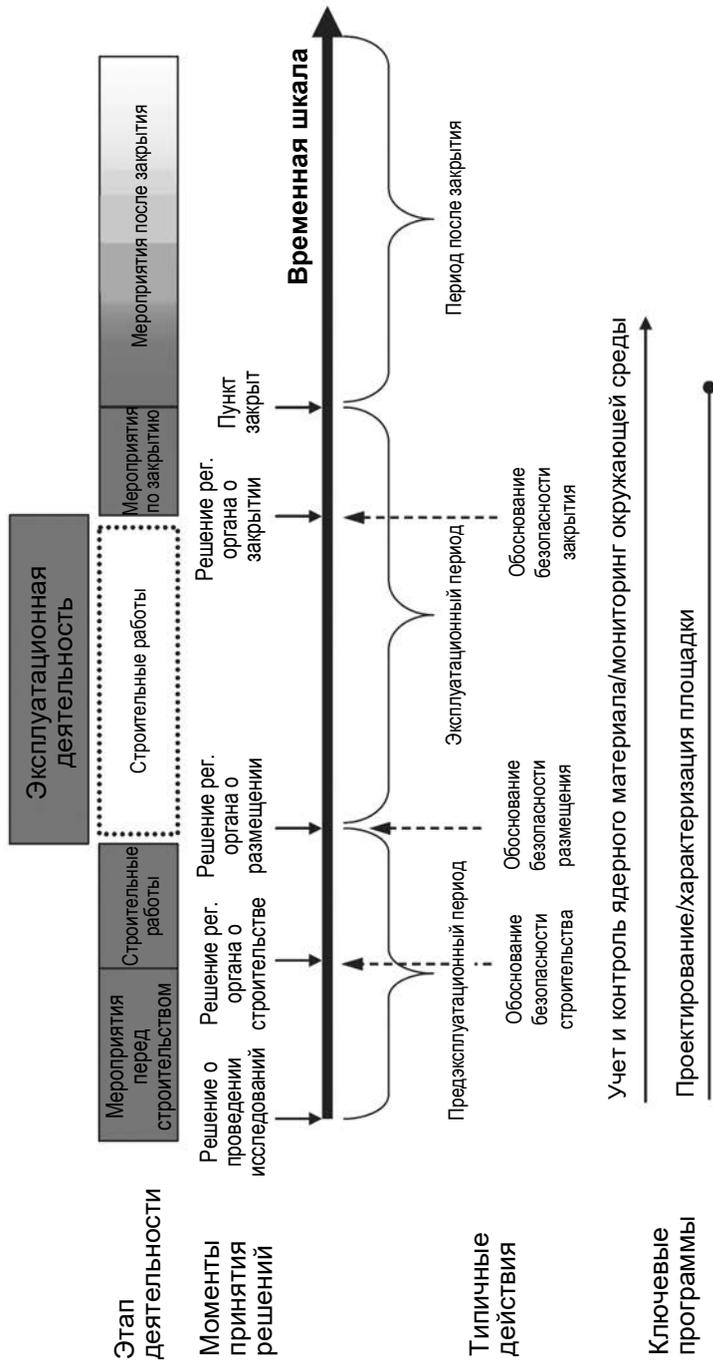


Рис. 1. Хронологическая последовательность действий по созданию пункта геологического захоронения.

2.4. Работы по созданию пункта геологического захоронения будут, вероятно, вестись на протяжении нескольких десятилетий. Такие длительные временные интервалы, большой объем информации (которая должна быть получена в результате характеристики площадки и других мероприятий, необходимых для обоснования безопасности) и ее разнообразие диктуют необходимость разделения программы на ряд этапов, чтобы работа могла вестись, проверяться и оцениваться легко управляемыми «очередями» с общей целью осуществления надлежащего контроля на протяжении всей программы. Это предполагает организацию поэтапного процесса. Операторы пунктов геологического захоронения могут предусмотреть ряд этапов в своей программе. Однако в настоящем Руководстве по безопасности поэтапный процесс относится к этапам, определяемым процессами принятия регулирующих и политических решений.

2.5. В случае с любой программой захоронения после выбора площадки необходимо провести ряд мероприятий, объединенных в общие группы, а именно: детальная характеристика и подтверждение пригодности площадки, проектирование пункта геологического захоронения, строительство пункта захоронения, эксплуатация пункта захоронения (т.е. прием и размещение отходов) и закрытие пункта захоронения. Эти мероприятия могут проводиться не последовательно, а параллельно друг с другом. Последние три из них соответствуют трем важным этапам утверждения пункта геологического захоронения регулирующим органом (см. рис. 1). Включение дополнительных этапов будет во многом зависеть от национальных предпочтений. Можно ожидать, что работы по характеристике и проектированию площадки будут продолжаться на том или ином уровне вплоть до закрытия пункта.

2.6. Поэтапный процесс обеспечивает гибкость, благодаря чему программа может адаптироваться к появлению новой технической информации. Поэтапный процесс облегчает учет возможности осуществления обратных действий при создании пункта захоронения и на каждом этапе позволяет принять решение о переходе к следующему этапу, получении дополнительной информации перед принятием решения либо отмене решения.

3. ПРАВОВАЯ И ОРГАНИЗАЦИОННАЯ ИНФРАСТРУКТУРА

3.1. Создание пункта геологического захоронения требует распределения обязанностей между тремя типами организаций: национальным правительством, назначенным регулирующим органом (или органами) и оператором данного пункта. В настоящем разделе представлены рекомендации в отношении обязанностей каждой из них.

ОТВЕТСТВЕННОСТЬ ГОСУДАРСТВА

3.2. Вопрос о геологическом захоронении требует специального рассмотрения национальными правовыми и организационными структурами [9] ввиду относительно долгого периода времени, необходимого для разработки таких проектов.

Требование 1 SSR-5 ([1]). Ответственность государства

Государству требуется установить и поддерживать надлежащую государственную, правовую и регулируемую основу обеспечения безопасности, в рамках которой должны быть четко распределены виды ответственности за установки для захоронения радиоактивных отходов на этапах выбора площадки, проектирования, строительства, эксплуатации и закрытия. Это включает: подтверждение на национальном уровне необходимости создания различных типов установок для захоронения; конкретное определение этапов разработки и лицензирования установок различных типов; а также четкое распределение видов ответственности, выделение финансовых и других ресурсов и предоставление независимых регулирующих функций, связанных с планируемой установкой для захоронения.

3.3. Национальная, правовая и организационная основа геологического захоронения должна включать в себя следующее [1]:

- a) определение национальной политики долгосрочного обращения с радиоактивными отходами различных типов;

- b) установление четко определенных юридических, технических и финансовых видов ответственности организаций, которые будут участвовать в создании пунктов геологического захоронения;
- c) гарантию достаточного уровня и надежности финансового обеспечения, например путем установления требования к владельцам о создании отдельных фондов;
- d) определение общего процесса разработки, эксплуатации и закрытия пунктов геологического захоронения, включая юридические и регулирующие требования на каждом этапе, и процессов принятия решений и участия заинтересованных сторон;
- e) обеспечение наличия необходимых научно-технических экспертных ресурсов для нужд, связанных с созданием площадок и объектов, рассмотрениями, проводимыми регулирующим органом, и выполнением других надзорных функций на национальном уровне;
- f) определение юридических, технических и финансовых видов ответственности и, при необходимости, обеспечение функционирования любых институциональных механизмов, предусмотренных после закрытия, включая мониторинг и любые другие мероприятия, которые могут потребоваться для обеспечения физической безопасности захороненных отходов.

Следует также обеспечить, чтобы специальные законы и иные нормативные акты, касающиеся геологического захоронения, были согласованы с национальной правовой инфраструктурой. Формы участия заинтересованных сторон в процессах принятия решений, касающихся геологического захоронения радиоактивных отходов, будут различаться в зависимости от национальных законов, нормативных актов и предпочтений. Информацию об участии заинтересованных сторон можно найти в [10].

ОТВЕТСТВЕННОСТЬ РЕГУЛИРУЮЩЕГО ОРГАНА

3.4. Эти рекомендации адресованы единому регулируемому органу, но при этом признается, что на практике безопасное регулирование пунктов геологического захоронения может предполагать привлечение нескольких регулирующих органов для параллельного выполнения мероприятий в области ядерной безопасности, безопасности производства и горной добычи, а также экологической и радиационной защиты.

Требование 2 SSR-5 ([1]). Ответственность регулирующего органа

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.

3.5. При разработке регулирующих положений, руководств и других критериев регулирования применительно к пунктам геологического захоронения регулирующий орган должен обеспечивать их согласованность с национальной политикой и уделять должное внимание целям и критериям, изложенным в [1]. Регулирующие положения и руководства могут включать:

- a) критерии радиационной защиты и критерии защиты окружающей среды для обеспечения безопасности при эксплуатации и после закрытия;
- b) требования к содержанию обоснования безопасности пункта захоронения, включая оценку безопасности и систему менеджмента;
- c) критерии и требования к размещению, проектированию, строительству, эксплуатации и закрытию пунктов захоронения;
- d) критерии и требования к отходам, форме отходов, контейнеру для захоронения, любому материалу для засыпки и герметизации и другим компонентам упаковки отходов, подлежащей захоронению;
- e) требования к участию заинтересованных сторон.

3.6. Регулирующий орган должен ввести и задокументировать процедуры, которые будут им использоваться при оценке безопасности пункта геологического захоронения, и процедуры, которые должны соблюдать операторы в процессе лицензирования и при демонстрации соблюдения требований безопасности [1]. Процедуры, введенные регулирующим органом, и обязанности регулирующего органа могут включать:

- a) уточнение информации, которая должна быть предоставлена оператором;
- b) проверку необходимых документов и оценку соблюдения регулирующих требований;

- с) выдачу разрешений и лицензий и установление условий в соответствии с законодательством и нормативными актами;
- d) инспектирование и аудит сбора данных оператором, оценки безопасности и деятельности по строительству и эксплуатации для обеспечения качества и выполнения условий разрешений и лицензий;
- e) периодические обзоры процедур выдачи разрешений и лицензий и инспектирования для определения их дальнейшей адекватности либо необходимости их корректировки;
- f) привлечение заинтересованных сторон;
- g) требования к прекращению контроля со стороны регулирующего органа.

3.7. Регулирующий орган должен организовывать независимые исследования и оценки, а также участвовать в международном сотрудничестве, если это необходимо для выполнения его регулирующих функций. Он также должен периодически проверять адекватность своих регулирующих положений и руководств. Независимые исследования могут не потребоваться, если регулирующий орган убедится в том, что соответствующие исследования достаточно высокого качества проводятся оператором и что эти исследования подвергаются независимой экспертной оценке.

ОТВЕТСТВЕННОСТЬ ОПЕРАТОРА

Требование 3 SSR-5 ([1]). Ответственность оператора

Оператор установки для захоронения радиоактивных отходов должен нести ответственность за ее безопасность. 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, регулируемыми требованиями и в рамках юридической и регулирующей инфраструктуры.

3.8. Оператор несет ответственность за устройство безопасного пункта геологического захоронения. При разработке проекта пункта захоронения и обоснования безопасности оператор должен учитывать характеристики

и объемы радиоактивных отходов, подлежащих захоронению, преобладающую геологическую среду, доступные инженерные и горные технологии, а также национальную правовую инфраструктуру и регулирующие требования.

3.9. Оператор должен проводить или организовывать проведение исследований и разработок, необходимых для обеспечения и демонстрации того, что запланированные технические операции могут быть безопасно выполнены, а также исследований, необходимых для изучения, понимания и подтверждения тех основ, от которых зависит безопасность пункта геологического захоронения [1]. К ним относятся все исследования площадки, проект пункта захоронения и характеристики отходов, необходимые для разработки соответствующего обоснования безопасности.

3.10. Оператор должен составить технические условия для обеспечения того, чтобы строительство, эксплуатация и закрытие пункта геологического захоронения осуществлялись в соответствии с регулируемыми требованиями и предположениями, включенными в обоснование безопасности. К ним относятся критерии приемлемости отходов и другие меры контроля и пределы для применения во время строительства, эксплуатации и закрытия.

3.11. Оператор должен провести оценку безопасности на период эксплуатации и на период после закрытия и должен продемонстрировать пригодность пункта захоронения путем разработки обоснования безопасности.

3.12. При выполнении требований необходимо, чтобы оператор сохранил всю информацию, имеющую отношение к обоснованию безопасности и вспомогательным оценкам безопасности пункта геологического захоронения, а также записи, демонстрирующие соблюдение регулирующих требований. Такая информация и записи должны храниться у оператора до тех пор, пока ответственность за данный объект не возьмет на себя другая организация, и в этот момент записи должны быть переданы организации, принимающей на себя эту ответственность.

3.13. Оператор должен избегать потенциального конфликта интересов между усилиями по решению долгосрочных задач безопасности и усилиями по решению эксплуатационных задач; другими словами, решение сиюминутных эксплуатационных задач не должно ставить под угрозу долгосрочную безопасность.

4. ПОДХОД К ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ

4.1. Подход к обеспечению безопасности включает все способы, при помощи которых обеспечивается безопасность людей и окружающей среды на протяжении всего срока эксплуатации пункта геологического захоронения. Правительству и регулирующему органу имеет смысл изложить национальный подход в официальном документе о стратегии безопасности, который составляется перед началом осуществления программы геологического захоронения и периодически актуализируется. Стратегия безопасности определена Агентством по ядерной энергии ОЭСР [11] как «высокоуровневый комплексный подход, принятый для обеспечения безопасного захоронения». Она включает в себя стратегии выбора площадки, а также проектирования, строительства и эксплуатации пункта захоронения. Кроме того, эта стратегия может включать в себя рекомендации по подготовке и актуализации обоснования безопасности, которое может использоваться при принятии решений и в процедурах выдачи разрешений регулирующим органом (см. раздел 5).

4.2. На сегодняшний день специальных международных норм для защиты окружающей среды от вредного воздействия ионизирующего излучения не существует. В требованиях ОНБ [4] и рекомендациях Международной комиссии по радиологической защите [12] подразумевается, что при условии надлежащего определения групп облученных индивидов защита людей от радиационных опасностей, связанных с пунктом геологического захоронения, будет также удовлетворять принципу защиты окружающей среды. Основные проблемы радиационной защиты окружающей среды и возможная разработка норм для этой цели рассматриваются в [13] и [14].

ВАЖНОСТЬ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ В ПРОЦЕССЕ РАЗРАБОТКИ

Требование 4 SSR-5 ([1]). Важность обеспечения безопасности в процессе разработки и эксплуатации установки для захоронения

В течение всего процесса разработки и эксплуатации установки для захоронения радиоактивных отходов оператор должен развивать понимание уместности всех имеющихся вариантов и

их последствий для безопасности установки. Это делается с целью оптимизации уровня безопасности на этапе эксплуатации и после закрытия.

4.3. Создание пункта геологического захоронения предполагает итеративный процесс характеризации площадки, разработки и развития обоснования безопасности и вспомогательной оценки безопасности для обеспечения оптимизированного уровня эксплуатационной безопасности и безопасности после закрытия (см. приложение к [1]). Пункты геологического захоронения радиоактивных отходов могут создаваться и эксплуатироваться в течение нескольких лет или нескольких десятилетий. Предполагается, что по мере эволюции проекта будут приниматься ключевые решения, такие как решения по выбору концепции, выбору и оценке площадки, проектированию, строительству, эксплуатации и закрытию пункта захоронения. Принимаемые в этом процессе решения базируются на имеющейся на данный момент информации, которая может иметь качественный и/или количественный характер, и на доверии к этой информации. На решения по устройству, эксплуатации и закрытию пунктов влияют внешние факторы, такие как национальная политика и предпочтения. «Перед принятием решений должен быть достигнут надлежащий уровень уверенности в безопасности каждой установки для захоронения» [1].

4.4. «На каждом основном этапе принятия решений должны рассматриваться и приниматься во внимание последствия для безопасности имеющихся проектных и эксплуатационных вариантов установки для захоронения. Обеспечение безопасности — как в период эксплуатации, так и в период после закрытия — является важнейшим критерием на каждом этапе принятия решений. Если требуемый уровень безопасности способен обеспечить более чем один вариант, то должны рассматриваться также другие факторы. В число этих факторов могут входить общественная приемлемость, стоимость, право собственности на площадку, а также существующие инфраструктура и транспортные пути» [1].

4.5. Критические компоненты системы захоронения (т.е. пункт захоронения и внешняя среда, в которой он находится) должны быть оценены, когда это целесообразно и практически возможно, при помощи стандартизированных и общепризнанных методов испытаний, чтобы убедиться в их способности выполнять требуемую(ые) функцию(и). Если используются новые методы, они должны быть разработаны и аттестованы в сроки, совместимые с графиком проекта.

4.6. Эксплуатационная безопасность обеспечивается активными и пассивными системами. Активные системы могут включать мониторинг выбросов радиоактивного материала и эксплуатационный контроль, а пассивные системы могут включать такие инженерные конструкции, как защитные экраны. Там, где это целесообразно, при разработке систем безопасности для обеспечения эксплуатационной безопасности следует использовать опыт эксплуатации и технологии, заимствованные у действующих ядерных установок (например, методы обращения с топливом). Механизмы обеспечения безопасности в период после закрытия отличаются от тех, которые используются в эксплуатационный период, и поэтому в оставшейся части раздела 4 приводятся рекомендации в отношении подхода к обеспечению безопасности после закрытия пункта геологического захоронения.

4.7. Цель геологического захоронения радиоактивных отходов — удержание и изоляция радионуклидов, содержащихся в отходах, от биосферы. Общеизвестного метода разграничения характеристик безопасности системы геологического захоронения, способствующих удержанию, и характеристик, способствующих изоляции, не существует. Хотя разделение характеристик безопасности на удержание и изоляцию не принципиально и они необязательно исключают друг друга, для ясности в настоящем Руководстве по безопасности будут приняты следующие описания характеристик удержания и изоляции:

- а) характеристики удержания системы геологического захоронения включают те процессы и элементы пункта захоронения и вмещающей геологической формации, которые имеют целью обеспечение того, чтобы радионуклиды оставались в пределах зоны захоронения на данном пункте;
- б) характеристики изоляции системы геологического захоронения включают те процессы и особенности вмещающей породы, которые обеспечивают удержание радионуклидов в пределах геосферы, физически отделенной от более широкой биосферы (т.е. характеристики, изолирующие отходы от человека), или миграцию радионуклидов в биосферу только в количествах, не являющихся радиологически значимыми.

УДЕРЖАНИЕ

Требование 8 SSR-5 ([1]). Удержание радиоактивных отходов

Инженерно-технические барьеры, в том числе форма и упаковка отходов, должны проектироваться, а вмещающая окружающая среда должна выбираться таким образом, чтобы обеспечивалось удержание радионуклидов, связанных с отходами. Удержание должно обеспечиваться до тех пор, пока в результате радиоактивного распада не будет значительно снижен риск, связанный с отходами. Кроме того, в случае тепловыделяющих отходов удержание должно обеспечиваться до тех пор, пока отходы все еще выделяют тепловую энергию в количествах, которые могут оказать негативное воздействие на показатели функционирования системы захоронения.

4.8. Удержание отходов предполагает проектирование пункта захоронения таким образом, чтобы отсрочить или свести к минимуму утечку радионуклидов. Удержание может быть обеспечено благодаря долговечности как формы, так и упаковки отходов, совместимых с другими инженерными барьерами и вмещающей геологической формацией. Обоснование безопасности и вспомогательная оценка безопасности конкретного типа отходов и площадки обеспечат необходимую демонстрацию удерживающей способности системы захоронения. Длительный период удержания, обеспечиваемый долговечными упаковками отходов, может быть не нужен или нецелесообразен для долгоживущих отходов с низким уровнем активности.

4.9. Для наиболее концентрированных радиоактивных отходов, таких как отработавшее ядерное топливо (если оно отнесено к радиоактивным отходам) и остеклованные отходы переработки топлива, необходимо, чтобы инженерные барьеры обеспечивали практически полное удержание в течение периода от нескольких сотен до нескольких тысяч лет. Это обеспечит распад большинства короткоживущих радионуклидов на месте и уменьшение неопределенности, связанной с деграцией формы отходов и миграцией радионуклидов при значительных перепадах температуры (т.е. любая утечка радионуклидов произойдет только после того, как тепловыделение, возникающее при радиоактивном распаде, существенно сократится).

ИЗОЛЯЦИЯ

Требование 9 SSR-5 ([1]). Изоляция радиоактивных отходов

Установка для захоронения должна размещаться, проектироваться и эксплуатироваться таким образом, чтобы были обеспечены средства, направленные на изоляцию радиоактивных отходов от людей и доступной биосферы. Эти средства должны быть направлены на изоляцию короткоживущих отходов в течение нескольких сотен лет, а средне- и высокоактивных отходов — в течение, как минимум, нескольких тысяч лет. При этом внимание должно быть уделено как естественной эволюции системы захоронения, так и событиям, способным нанести ущерб установке.

4.10. Изоляция означает сохранение отходов и связанных с ними опасностей вне биосферы в такой среде захоронения, которая обеспечивает их реальное физическое отделение от биосферы, затрудняя доступ людей к отходам без специального технического оснащения, и которая ограничивает мобильность большей части долгоживущих радионуклидов. В случае геологического захоронения радиоактивных отходов изоляция обеспечивается прежде всего вмещающей геологической формацией благодаря большой глубине захоронения.

4.11. Размещение пункта геологического захоронения на соответствующей глубине в стабильной геологической формации обеспечивает защиту данного объекта от повреждений в результате таких геоморфологических процессов, как эрозия и оледенение. Размещение вдали от известных месторождений полезных ископаемых и других ценных ресурсов снизит вероятность непреднамеренного нарушения целостности пункта геологического захоронения.

4.12. Необходимо определить соответствующую глубину размещения пункта геологического захоронения, приняв во внимание характер и уровень опасности отходов, местные геологические и гидрогеологические условия, включая градиенты гидравлического напора, а также геохимические и геомеханические характеристики.

МНОЖЕСТВЕННЫЕ ФУНКЦИИ БЕЗОПАСНОСТИ

Требование 7 SSR-5 ([1]). Множественные функции безопасности

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, а также различных средств эксплуатационного контроля. 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.

4.13. Наличие множественных функций безопасности повышает как безопасность, так и уверенность в безопасности благодаря обеспечению того, что общие показатели функционирования системы геологического захоронения не будут чрезмерно зависеть от какой-либо одной функции безопасности. Наличие множественных функций безопасности обеспечивает уверенность в том, что даже в том случае, если одна из функций безопасности не сработает в точности так, как от нее ожидалось (например, из-за непредвиденного процесса или маловероятного события), другие функции безопасности обеспечат, чтобы общее функционирование системы захоронения в целом не было поставлено под угрозу.

4.14. В долгосрочной перспективе нельзя исключать вероятность постепенной деградации системы инженерных барьеров, и поэтому радионуклиды могут попасть в геологическую среду, откуда они в конечном итоге могут мигрировать в биосферу. Сочетая в себе природные и технические характеристики, система захоронения должна обеспечивать эффективное удержание и изоляцию отходов за счет сохранения целостности упаковки, ограничения растворимости радионуклидов и формы отходов, минимизации, насколько это возможно, просачивания подземных вод и/или обеспечения того, чтобы перенос радионуклидов

из пункта захоронения в биосферу занял длительное время. К факторам, ограничивающим просачивание подземных вод и удлиняющим время переноса, относятся низкопроницаемые пласты, низкие гидравлические градиенты и характеристики рассеивания в геосфере. Любые потенциальные концентрации радионуклидов в биосфере будут еще больше снижены благодаря способности инженерных барьеров и вмещающей породы к замедлению процессов и осаждению. Кроме того, активность радионуклидов, присутствующих в системе захоронения, постепенно снижается за счет радиоактивного распада. Материалы, используемые для засыпки или герметизации, должны иметь такие свойства, которые не ведут к чрезмерному ухудшению защитных функций геологических барьеров.

4.15. Функция безопасности может обеспечиваться за счет физического средства, такого как форма отходов, упаковка отходов, засыпка или вмещающая геологическая формация, характеристики которого изначально предотвращают или ограничивают миграцию радионуклидов. Функция безопасности может также обеспечиваться за счет химического свойства или процесса, такого как растворимость, скорость коррозии, скорость растворения или скорость выщелачивания. Отдельно взятый барьер может выполнять несколько функций безопасности. Например, засыпной материал, помимо удержания радионуклидов, может обеспечивать химическое кондиционирование подземных вод. Таким образом, требование обеспечить безопасность при помощи множественных функций безопасности может быть выполнено благодаря функциям безопасности, выполняемым одним барьером, особенно в отношении отходов, представляющих меньшую опасность.

4.16. Работа системы геологического захоронения зависит от различных физических компонентов и других средств, выполняющих разные функции безопасности, значение которых может меняться в разные периоды времени. Для выполнения требования о множественных функциях безопасности необходимо, чтобы в обосновании безопасности были разъяснены и обоснованы функции, обеспечиваемые каждым физическим компонентом и другими средствами, и указаны периоды времени, в течение которых ожидается выполнение этих функций. В обосновании безопасности также необходимо определить дополнительные функции безопасности, которые будут эффективно действовать, если физический компонент или другая функция безопасности не работает в полном объеме.

ПАССИВНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Требование 5 SSR-5 ([1]). Пассивные средства безопасности установки для захоронения

Оператор должен оценить площадку и спроектировать, построить, эксплуатировать и закрыть установку для захоронения таким образом, чтобы безопасность обеспечивалась в максимально возможной степени пассивными средствами и чтобы необходимость принятия мер после закрытия установки была сведена к минимуму.

4.17. В эксплуатационный период безопасность может поддерживаться пассивными средствами, такими как экранирование и удержание, которые обеспечивает упаковочный материал. Однако в эксплуатационный период «должны приниматься определенные активные меры контроля» [1].

4.18. Безопасность после закрытия обеспечивается пассивными системами, такими как геологические и инженерные барьеры. Геологическое захоронение на соответствующей глубине обеспечивает изоляцию как средство естественной безопасности. Не следует рассчитывать на то, что безопасность пункта после закрытия можно будет поддерживать при помощи мониторинга или ведомственного контроля. Это не означает, что мониторинг после закрытия проводиться не должен, если нынешнее или будущие поколения решат его организовать. Вполне вероятно, что пассивные средства ведомственного контроля, такие как использование маркеров и контроль землепользования, будут вводиться и применяться по крайней мере в течение некоторого времени после закрытия. В течение некоторого времени после закрытия пункта геологического захоронения может также практиковаться активный ведомственный контроль, в частности мониторинг, например для снятия проблем, волнующих общественность, и выполнения лицензионных требований либо как средство защиты от вмешательства человека.

5. ОБОСНОВАНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ И ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ

5.1. Обоснование безопасности — это совокупность аргументов и доказательств, демонстрирующих, что данная конкретная установка, часть установки или деятельность на какой-либо площадке безопасны. Обоснование безопасности должно подготавливаться как минимум для каждого основного этапа устройства, эксплуатации и закрытия пункта геологического захоронения и может включать в себя всю совокупность или часть документов, представляемых регулирующему органу для получения разрешения на переход от одного этапа к другому. По мере устройства, эксплуатации и закрытия пункта обоснование безопасности постепенно совершенствуется благодаря тому, что в нем фиксируются все случаи, связанные с безопасностью, и принятые корректирующие меры и в нем в любой момент времени имеется актуальный комплект документов, демонстрирующих, что объект безопасен и должен остаться безопасным в течение длительного времени. В настоящем разделе используются термины «эксплуатационное обоснование безопасности» и «обоснование безопасности после закрытия». На практике это могут быть отдельные документы или части одного общего обоснования безопасности объекта.

5.2. «Обоснование безопасности должно включать результаты оценки безопасности ([см. ниже]) наряду с дополнительной информацией, включая подтверждающие данные и аргументацию относительно устойчивости и надежности установки, ее конструкции, логики проектных решений, а также качества оценки безопасности и основных допущений. Обоснование безопасности может также включать более общие аргументы, касающиеся захоронения радиоактивных отходов, а также информацию, необходимую для рассмотрения результатов оценки безопасности в перспективе» [1]. Такие аргументы включают сравнение прогнозируемых утечек радионуклидов с облучением естественными фоновыми концентрациями и уровнями радиации, а также сравнение с природными аналогами. Остальные факторы неопределенности и «любые нерешенные вопросы на любом этапе разработки или эксплуатации или закрытия установки должны быть отражены в обосновании безопасности» [1]. Если нерешенные проблемы влияют на оценку безопасности, скорее всего, потребуется дополнительная работа по их решению.

5.3. Оценка безопасности — это процесс использования соответствующих методов для систематического анализа риска, связанного с объектом, и способности площадки и конструкции объекта удовлетворять требованиям безопасности. Оценка безопасности пункта геологического захоронения «должна включать количественное определение общего уровня функционирования, анализ имеющихся неопределенностей и сравнение с соответствующими проектными требованиями и нормами безопасности. <...> В оценке безопасности должны быть также определены любые значительные недостатки в научном понимании, данных или анализе, которые могли бы повлиять на представляемые результаты» [1] (см. приложение II об оценке безопасности после закрытия).

5.4. «Оценка безопасности должна служить вкладом в текущий процесс принятия решений оператором» [1], таких как решения, касающиеся тем исследований, характеристики площадки, проектирования объекта, распределения ресурсов и разработки критериев приемлемости отходов. Оценка безопасности предполагает проведение анализов для выявления ключевых неопределенностей и процессов, имеющих отношение к безопасности. Эти анализы улучшают понимание того, как функционируют пункты геологического захоронения, и, следовательно, подводят более прочную основу под аргументы в отношении безопасности, представленные в обосновании безопасности.

5.5. Подготовленное оператором обоснование безопасности должно предоставляться в распоряжение других заинтересованных сторон, таких как национальные и местные органы власти, чтобы упростить процессы принятия соответствующих решений, позволяющих оператору перейти к следующему этапу устройства или эксплуатации пункта.

ПОДГОТОВКА, ОДОБРЕНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОБОСНОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ И ОЦЕНКИ БЕЗОПАСНОСТИ

Требование 12 SSR-5 ([1]). Подготовка, одобрение и использование обоснования безопасности и оценки безопасности установки для захоронения

Подготовка и обновление обоснования безопасности и вспомогательной оценки безопасности должны осуществляться оператором при необходимости на каждом этапе разработки, эксплуатации и закрытия установки для 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.

5.6. На ранних этапах создания пункта геологического захоронения необходимо подготовить обоснование безопасности, которое будет задавать направление деятельности в области научных исследований и разработок, характеристики площадки, проектирования и планирования [1]. Процесс оценки безопасности должен предполагать выполнение расчетов для оценки робастности предложенной(ых) концептуальной(ых) модели(ей) с точки зрения потенциального соблюдения регулирующих требований и для определения соответствующих радионуклидов, путей и механизмов миграции, в отношении которых необходимы дополнительные знания и на которых следует сделать акцент. Предварительные расчеты часто основываются на ограниченных данных, например на данных, почерпнутых из литературы, спецификаций материалов, лабораторных исследований и исследований природных аналогов, предварительного исследования площадки и характеристики отходов. Сбор данных будет продолжаться на протяжении всего поэтапного процесса до тех пор, пока пункт захоронения не будет окончательно закрыт или пока предложенная концепция не будет признана неприемлемой.

5.7. «Обоснование безопасности должно разрабатываться постепенно и уточняться по мере осуществления проекта» [1], чтобы служить основой для подачи заявок на лицензирование на ключевых этапах создания пункта геологического захоронения (см. рис. 1). Регулирующий орган может потребовать актуализации или пересмотра обоснования безопасности перед принятием решения о переходе к следующему этапу устройства и эксплуатации пункта геологического захоронения. Формальная сторона и уровень технической детальности обоснования безопасности будут зависеть от этапа разработки проекта, принимаемого решения, аудитории, для которой оно предназначено, и конкретных национальных требований.

СОДЕРЖАНИЕ ОБОСНОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ И ОЦЕНКИ БЕЗОПАСНОСТИ

Требование 13 SSR-5 ([1]). Содержание обоснования безопасности и оценки безопасности

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.

5.8. Результаты оценки безопасности должны быть представлены таким образом, чтобы показать, как функционируют отдельные компоненты системы. Эта полезная процедура может быть без труда выполнена, если использовать модульный подход к моделированию. Демонстрация ожидаемого поведения каждого компонента и итеративное совершенствование конструкции компонента или знаний об ожидаемом поведении компонента для обеспечения его эффективного функционирования повысят уровень уверенности в работоспособности системы в целом.

5.9. Обоснование безопасности пункта геологического захоронения включает оценки безопасности на эксплуатационный период и на период после закрытия. В обосновании безопасности и вспомогательной оценке безопасности на эксплуатационный период безопасность пункта будет обеспечиваться активными и пассивными мерами, а в обосновании безопасности и вспомогательной оценке безопасности после закрытия — исключительно пассивными барьерами. Кроме того, в течение всего эксплуатационного периода пункт подлежит инспектированию со стороны регулирующего органа и радиационному мониторингу. Таким образом, существует разница как между критериями регулирования, так и между обоснованием безопасности и вспомогательными оценками безопасности, которые подготавливаются для демонстрации безопасности на эксплуатационный период и на период после закрытия.

5.10. В обосновании безопасности на период эксплуатации пункта геологического захоронения должны быть затронуты все аспекты эксплуатации, имеющие отношение к радиационному облучению, включая размещение отходов, любые подземные строительные работы, проводимые во время размещения и засыпки, герметизацию и закрытие пункта. Если предполагается, что пункт может оставаться открытым в течение длительного времени после того, как в него будут помещены отходы, то в обосновании безопасности на эксплуатационный период следует учесть моменты, связанные с ремонтом и заменой оборудования, которое потребуется в этот период. Также может потребоваться демонстрация того, что отходы могут быть безопасно извлечены, пока пункт остается открытым.

5.11. «Должно рассматриваться как профессиональное облучение, так и облучение населения в условиях нормальной эксплуатации и ожидаемых при эксплуатации событий... Аварии с меньшей частотой возникновения, но со значительными радиологическими последствиями, (т.е. возможные аварии, способные привести к дозам облучения в течение короткого срока, превышающим годовые пределы дозы...), должны рассматриваться с учетом как вероятности их возникновения, так и величины возможных доз излучения» [1].

5.12. В обосновании безопасности на период после закрытия должны быть рассмотрены сценарии более вероятного изменения состояния пункта геологического захоронения и условий в регионе его размещения в течение очень длительных периодов времени (например, периода времени, сравнимого с периодом, в течение которого отходы остаются опасными), а также менее вероятных событий, которые могут повлиять на функционирование пункта. Для того чтобы пункты геологического захоронения удовлетворяли требованиям [1], необходимо, чтобы в обосновании безопасности и вспомогательных оценках:

- а) приводились доказательства того, что ключевые характеристики, события и процессы, которые могут существенно повлиять на систему геологического захоронения, достаточно хорошо изучены для того, чтобы сценарии возможного развития событий могли быть составлены должным образом;
- б) давалась оценка эффективности системы геологического захоронения с точки зрения соблюдения всех соответствующих требований безопасности;

с) указывались и анализировались сопутствующие факторы неопределенности.

5.13. Обоснование безопасности на период после закрытия должно основываться на количественном анализе и дополнительно подкрепляться качественными аргументами. В нем могут быть представлены несколько цепочек рассуждений, основанных, например, на изучении природных аналогов и палеогидрогеологических исследованиях. Значительная часть обоснования безопасности связана с демонстрацией того, что все основные факторы неопределенности были приняты во внимание.

5.14. Регулирующий орган должен установить сроки проведения оценок безопасности или дать руководящие указания на этот счет. Сравнение расчетных доз или рисков с пределами дозы или пределами риска, указанными в регулирующих требованиях, может потребоваться на перспективу как минимум в несколько тысяч лет, и оно может быть распространено на временные интервалы, выходящие за эти пределы, например для оценки пиковой дозы. Вместе с тем признается, что для временных интервалов, превышающих несколько тысяч лет, неопределенность относительно будущих условий геосферы и биосферы такова, что может быть достаточно справочных расчетов, основанных на соответствующих упрощенных предположениях, с учетом сценариев эволюции природных характеристик системы захоронения и «стилизованнных» подходов (т.е. при определенных установленных условиях) к поведению и характеристикам человека, например с использованием эталонных биосфер [15].

5.15. При оценке безопасности на период после закрытия анализируется функционирование системы геологического захоронения при ожидаемом развитии событий и при некоторых конкретных, но менее вероятных эволюционных процессах и событиях. Должны проводиться анализы чувствительности и анализы неопределенностей для получения представления о функционировании системы геологического захоронения и ее элементов в определенном диапазоне эволюционных процессов и событий. Для оценки надежности системы захоронения должны быть изучены маловероятные сценарии, которые потенциально могут иметь серьезные последствия. Оценка безопасности должна включать некоторые стилизованные расчеты последствий непреднамеренного нарушения

целостности закрытого пункта захоронения человеком [1]¹. Аналогичным образом, стилизованный подход может быть использован для биосферных расчетов (более подробную информацию о выполнении оценки безопасности см. в приложении II об оценке безопасности после закрытия).

5.16. В соответствующих случаях необходимость рассмотрения сложных процессов в процессе эволюции системы захоронения после закрытия должна быть по возможности сведена к минимуму. Хотя пассивные функции необязательно означают отсутствие сложности, при выборе площадки и конструктивных особенностей следует по возможности избегать сложных процессов. Отказ от сложных процессов может уменьшить необходимость сопряжения процессов в моделях, разработанных для оценки безопасности; кроме того, можно ограничить учет других факторов, которые могут повлиять на эволюцию системы захоронения в более сложных условиях. Пространственная и временная изменчивость характеристик, событий и процессов [16], которую необходимо принимать в расчет, также может быть более четко представлена для относительно простой среды, если избегать сложных процессов. Таким образом можно сократить количество ключевых параметров, включаемых в оценки безопасности, и использовать более простые модели для оценки безопасности. Хотя простота и желательна, первостепенное значение имеют возможности площадки с точки зрения удерживания и изоляции, обеспечиваемые ее природными характеристиками, и именно они должны быть решающими критериями при выборе площадки.

5.17. Расчеты доз и/или рисков будут производиться в течение периодов времени и для сценариев облучения, указанных в регулирующих требованиях. В критериях регулирования, как правило, указываются характеристики облученных групп или индивидов, которые будут использоваться при расчете дозы (в некоторых государствах для определения сценариев облучения используются понятия критической группы и среднего члена критической группы). В случае очень длительных временных интервалов, для которых оценки дозы могут быть крайне неопределенными, для демонстрации безопасности могут оказаться полезными дополнительные аргументы, например показатели безопасности, такие как концентрации и потоки радионуклидов природного происхождения [17].

¹ В стадии подготовки находится технический документ МАГАТЭ по использованию сценариев вмешательства человека при оценке безопасности захоронения радиоактивных отходов.

5.18. В обоснование безопасности должны быть включены планы закрытия пункта. Они должны актуализироваться и уточняться по мере получения информации в ходе характеристики площадки, строительства и эксплуатации пункта захоронения. Разрешение на начало размещения отходов на пункте будет включать в себя утверждение предварительных планов закрытия, но при том понимании, что эти планы будут актуализироваться в процессе эксплуатации. По возможности проекты и планы закрытия должны тестироваться в условиях, соответствующих условиям объекта.

5.19. По мере создания и эксплуатации пункта геологического захоронения обоснование безопасности и вспомогательные оценки безопасности должны становиться все более подробными и полными. Поэтапная подготовка обоснования безопасности и вспомогательных оценок безопасности наглядно показана в таблице 1.

ДОКУМЕНТИРОВАНИЕ ОБОСНОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ И ОЦЕНКИ БЕЗОПАСНОСТИ

Требование 14 SSR-5 ([1]). Документирование обоснования безопасности и оценки 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.

5.20. Содержание и структура документации, в которой излагаются обоснование безопасности и вспомогательная оценка безопасности, зависят от этапа, достигнутого в осуществлении проекта создания пункта геологического захоронения, и от национальных требований. Это включает учет потребностей различных заинтересованных сторон в определенной информации. Важными моментами при документировании обоснования безопасности являются обоснование решений, прослеживаемость аргументации и ясность информации. В зависимости от нужд разных заинтересованных сторон может потребоваться подготовка документов с неодинаковым уровнем детальности и в разных стилях.

ТАБЛИЦА 1. ЭЛЕМЕНТЫ ОБОСНОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ ОЦЕНОК БЕЗОПАСНОСТИ НА ПРОТЯЖЕНИИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ПУНКТА ЗАХОРОНЕНИЯ

Этап жизненного цикла пункта	Характеристики обоснования безопасности ^а	Основа оценки безопасности
Первоначальное исследование площадки и предварительное проектирование пункта	Набросок эксплуатационного обоснования безопасности, предварительное обоснование безопасности после закрытия.	Данные первоначальных исследований площадки; предварительные проектные исследования и планы закрытия; инвентаризация отходов, сборники данных о поведении материалов; данные и наблюдения за аналогичными площадками и процессами.
Характеризация и подтверждение пригодности площадки	Промежуточное эксплуатационное обоснование безопасности и обоснование безопасности после закрытия — достаточно подробные для того, чтобы стать основой для принятия решения о строительстве.	Подробные данные поверхностного и подземного исследований площадки; подробные планы проектирования и строительства пункта; инвентаризация отходов, данные о поведении материалов для конкретной площадки; планы эксплуатации и планы закрытия. Решение регулирующего органа о строительстве.
Строительство	Заключительное эксплуатационное обоснование безопасности и актуализированное обоснование безопасности после закрытия — достаточно подробные для того, чтобы стать основой для принятия решения о вводе в эксплуатацию и эксплуатации.	Данные о площадке, полученные в ходе строительства; инвентаризация отходов, любые мероприятия по пробному размещению отходов, исполнительный проект; планы закрытия, которые будут проверены в ходе эксплуатации; подробные планы эксплуатации. Решение регулирующего органа об эксплуатации.

ТАБЛИЦА 1. ЭЛЕМЕНТЫ ОБОСНОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ ОЦЕНОК БЕЗОПАСНОСТИ НА ПРОТЯЖЕНИИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ПУНКТА ЗАХОРОНЕНИЯ (продолжение)

Этап жизненного цикла пункта	Характеристики обоснования безопасности ^а	Основа оценки безопасности
Эксплуатация	По мере необходимости может проводиться периодическая актуализация эксплуатационного обоснования безопасности на основе опыта и данных, полученных во время ввода в эксплуатацию и эксплуатации. Заключительное обоснование безопасности после закрытия, которое послужит основой для принятия решения о закрытии.	Актуализация оценок эксплуатационной безопасности и безопасности после закрытия на основе опыта и данных, полученных во время ввода в эксплуатацию и эксплуатации (включая информацию, полученную в ходе натурных испытаний, мониторинга и экспериментов и тестирования планов закрытия). Решение регулирующего органа о закрытии.
После закрытия	Необязательные дополнительные обоснования безопасности после закрытия для обеспечения постоянной уверенности в том, что поведение системы захоронения соответствует прогнозам.	Необязательная актуализация оценки безопасности после закрытия, если появляются новые научные данные, относящиеся к обоснованию безопасности.

^а Обоснование безопасности, которое может быть подготовлено на каждом этапе программы создания пункта.

5.21. Уровень детальности документов по обоснованию безопасности должен быть таким, чтобы аргументы, рассуждения и подтверждающие доказательства были убедительными, прозрачными и могли прослеживаться. Аналогичным образом, документация, относящаяся к оценке безопасности, должна облегчать понимание моделей, данных, предположений и качественных аргументов.

5.22. Прозрачность особенно важна, если документы будут передаваться на рассмотрение экспертов или иных лиц, которые не принимают непосредственного участия в создании, эксплуатации или регулировании пункта захоронения. Ключевые аргументы, решения и предположения должны быть изложены в документах высокого уровня, а не только в очень подробных технических документах, рассчитанных на узкий круг сведущих в этой теме читателей.

5.23. Прослеживаемость важна для обеспечения качества, особенно в случае внесения изменений в проекты, процедуры, модели, данные или предположения. Она также важна для того, чтобы регулирующий орган, независимые эксперты и другие лица могли оценить силу аргументов и качество ключевых данных.

5.24. Количество документов по обоснованию безопасности и оценке безопасности и их объем будут возрастать в течение всего жизненного цикла пункта захоронения. Это следует иметь в виду при разработке структуры документации и составлении руководства по подготовке и архивированию документов. Сложная иерархия документов и пренебрежение принципом краткости могут вызывать растущие проблемы по мере эволюции объекта.

ПОНИМАНИЕ И УВЕРЕННОСТЬ В БЕЗОПАСНОСТИ

Требование 6 SSR-5 ([1]). Понимание установки для захоронения и уверенность в безопасности

Оператор установки для захоронения должен выработать надлежащее понимание особенностей установки и окружающей ее среды, а также факторов, которые влияют на ее безопасность после закрытия в соответствующие длительные периоды времени, таким образом, чтобы мог быть достигнут достаточный уровень уверенности в безопасности.

5.25. Понимание того, как функционирует система захоронения и каким образом она зависит от характеристик, событий и процессов — как внутренних, так и внешних по отношению к пункту захоронения, — улучшается по мере накопления данных и развития научных знаний. «В начале разработки концепции следует предусматривать, чтобы эти полученные данные и достигнутый уровень понимания обеспечивали достаточную уверенность для выделения ресурсов с целью проведения дальнейших исследований» [1] (см. приложение II, пункты II.61–II.71). До начала строительства, во время размещения отходов и при закрытии пункта уровень понимания должен быть достаточным для того, чтобы подкрепить обоснование безопасности, которое может облегчить процесс принятия решений и получения разрешений регулирующих органов на продолжение работ.

5.26. Важной частью оценок после закрытия является выявление и устранение неопределенностей. Для оценки неопределенностей в функционировании пункта после закрытия следует использовать ряд методов. Для изучения поведения и принятия решений о том, как обращаться с компонентами системы и трактовать характеристики, события и процессы при общей оценке безопасности, должны использоваться детально разработанные модели отдельных частей системы захоронения и отдельных событий и процессов. Анализ чувствительности, анализ неопределенностей и граничные расчеты могут использоваться на уровне отдельных частей и на уровне всей системы. Вероятностные и детерминистические расчеты могут выполняться как для меняющихся во времени, так и для устойчивых состояний. Цель состоит в том, чтобы по возможности уменьшить неопределенности в отношении безопасности, а там, где это невозможно, дать неопределенностям количественную или качественную характеристику. Следует проявлять осторожность при применении критериев к периодам времени, для которых уровень неопределенности таков, что эти критерии больше не могут быть подходящей основой для принятия решений.

6. ЭЛЕМЕНТЫ ПОЭТАПНОГО ПОДХОДА К СОЗДАНИЮ ПУНКТА ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ЗАХОРОНЕНИЯ

ПОЭТАПНАЯ РАЗРАБОТКА И ОЦЕНКА

Требование 11 SSR-5 ([1]). Поэтапная разработка и оценка установок для захоронения

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.

6.1. Создание пункта геологического захоронения может занять десятилетия. Задача оценки безопасности в ключевые моменты принятия решений в этом процессе, перед выделением дополнительных ресурсов, делает целесообразным разделение программы на ряд этапов. Типичные этапы должны быть приурочены к моментам принятия регулирующим органом или правительством решений, связанных с одобрением строительства пункта геологического захоронения (строительство), одобрением приема и размещения отходов (эксплуатация) и одобрением окончательного закрытия пункта (закрытие). На каждом из этих этапов необходимо актуализировать обоснование безопасности [1]. Такой подход открывает множество возможностей для оценки качества технической программы и обоснования безопасности, подкрепляющего процесс принятия решений, и тем самым обеспечивает доверие к ним. Уверенность в безопасности пункта геологического захоронения и осуществимости проекта его создания повышается в ходе этого поэтапного процесса и благодаря исследованиям вопросов безопасности, которые становятся все более основательными по мере реализации проекта. На рис. 1 показана хронология создания пункта захоронения с указанием моментов принятия решений и этапов деятельности.

6.2. Ключевые программы (например, характеристика площадки, проектировочные работы, учет и контроль ядерного материала и мониторинг окружающей среды, оценка безопасности) будут осуществляться на

протяжении ряда этапов создания пункта захоронения (см. рис. 1). По мере появления и нарастания объема информации в ходе подготовки обоснований безопасности, проектирования и характеристики площадки информация из этих ключевых программ должна передаваться другим соответствующим программам (например, обоснование безопасности должно давать программам характеристики площадки и проектирования информацию о значимости тех или иных неопределенностей; мониторинг показателей функционирования должен использоваться для подтверждения предположений, сделанных в обосновании безопасности). Данный поэтапный процесс является итеративным процессом, который должен максимально повысить ценность информации по мере ее эволюции на протяжении ряда этапов.

6.3. Могут быть введены дополнительные этапы, которые облегчат управление проектом в ходе проектирования и ввода в эксплуатацию пункта, приема отходов, эксплуатации и деятельности после закрытия и которые могут стать дополнительными контрольными точками для пересмотра обоснования безопасности или вспомогательных оценок безопасности. Характер такого пересмотра будет зависеть от национальной практики и конкретного объекта.

ХАРАКТЕРИЗАЦИЯ ПЛОЩАДКИ

Требование 15 SSR-5 (I1). Определение характеристик площадки для установки для захоронения

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.

6.4. В процессе выбора площадки для пункта захоронения радиоактивных отходов можно выделить четыре этапа (рис. 2): i) этап разработки концепции и планирования, ii) этап обследования территории, iii) этап исследования площадки и iv) этап детальной характеристики площадки, ведущий к подтверждению пригодности площадки для строительства пункта захоронения (информацию о первых трех этапах см. в приложении I, которое следует читать совместно с данным разделом). Исследование площадки проходит путь от общих изысканий на ранней стадии обследования территории до программы все более детальной характеристики по мере решения конкретных задач и выявления неясных моментов. Детальная характеристика площадки необходима для подтверждения пригодности площадки для строительства пункта захоронения и может продолжаться на этапах строительства и эксплуатации.

6.5. Характеризация площадки — это деятельность, осуществляемая с целью изучения природных особенностей, событий и процессов на площадке (в настоящее время, в прошлом и потенциально в будущем) и адекватного описания их масштаба и изменчивости в пространстве и времени. Характеризация площадки помогает составить полное описание площадки, которое может включать информацию об антропогенных характеристиках (например, о землепользовании и транспортной инфраструктуре для проведения экологических исследований). Для того чтобы правильно определить уровень и направление необходимых мероприятий по характеристике площадки, нужно иметь ясное понимание контекста и целей любой такой характеристики. Характеризация площадки будет включать в себя сбор данных (т.е. измерения, отбор проб и мониторинг) и интерпретацию этих данных для получения информации и знаний. Собственно говоря, характеризация площадки начинается на самой ранней стадии исследования площадки и, как ожидается, будет вестись нарастающими темпами по мере реализации программы создания объекта вплоть до подтверждения пригодности площадки и начала строительства.

6.6. На предпочтительной площадке (или площадках) должны быть проведены детальные исследования вплоть до этапа подтверждения пригодности площадки в целях достаточно подробного определения характеристик геологической и гидрогеологической системы для того, чтобы:

- a) обосновать или подтвердить выбор предпочтительной площадки (или площадок);

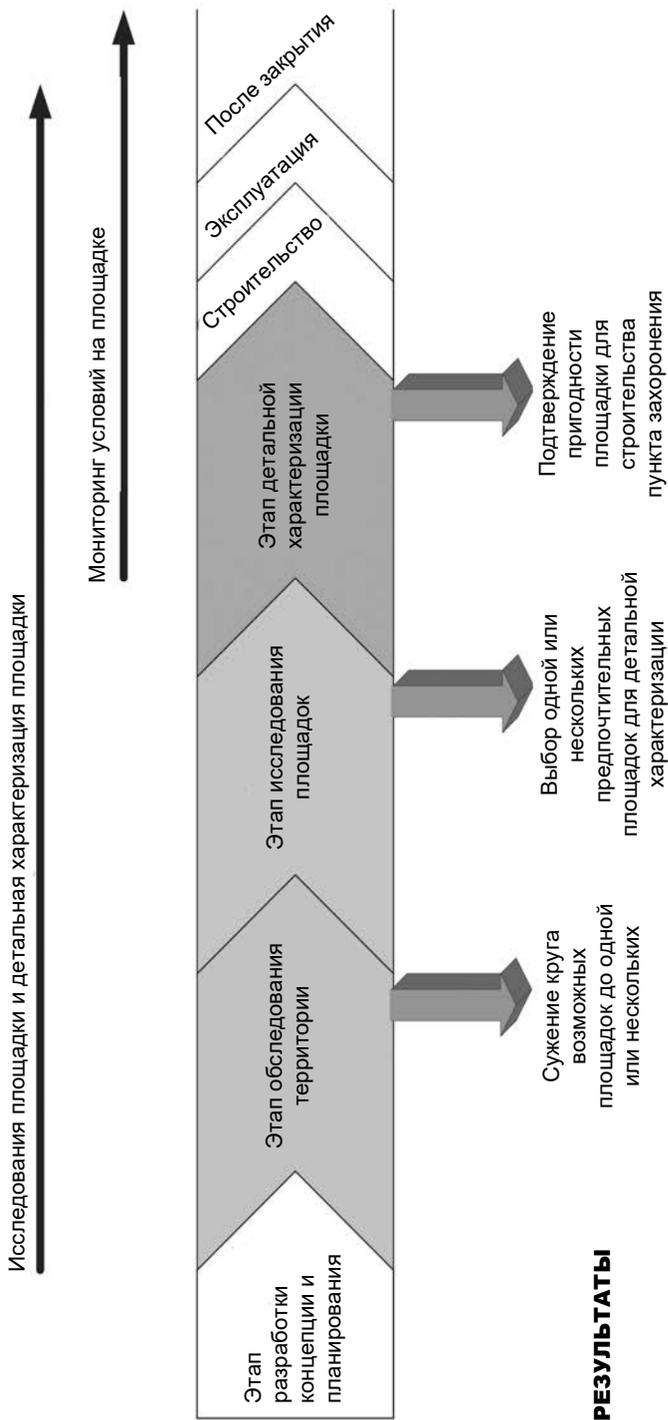


Рис. 2. Этапы процесса выбора площадки.

- б) предоставить дополнительную информацию по конкретной площадке, необходимую для технического проектирования, оценки безопасности, оценки воздействия на окружающую среду и лицензирования пункта захоронения.

6.7. Характеризация площадки должна предполагать проведение как поверхностных, так и подземных исследований. Последние могут быть предприняты перед началом строительства пункта захоронения, когда в подземной лаборатории или на установке для характеристики горных пород на потенциальном месте захоронения могут быть проведены натурные эксперименты по определению характеристик. В качестве альтернативы подземные исследования могут проводиться как составная часть работ по строительству пункта захоронения на ранней стадии этих работ; в этом случае разрешение на строительство (но не на эксплуатацию) выдается только на основе результатов поверхностных исследований. Поверхностные исследования должны включать, среди прочего, дистанционное зондирование (например, спутниковый мониторинг, аэрофотосъемку, сейсмическое наблюдение) и разведку с воздуха, геологическое и геохимическое картирование и отбор проб с обнажений, геофизические исследования на поверхности и в скважинах, отбор проб в скважинах, картаж и гидрогеологические испытания.

6.8. Цели программы характеризации площадки с точки зрения того, какая информация нужна, зачем она нужна и как она будет предоставляться, должны быть определены на ранней стадии процесса создания пункта при том понимании, что подробные цели и методы сбора и интерпретации данных могут быть скорректированы с учетом развития знаний или изменения приоритетов, определенных в ходе подготовки обоснования безопасности и вспомогательных оценок безопасности.

6.9. Для получения данных по конкретной площадке, необходимых для технического обоснования оценок безопасности долгосрочной изоляции и удержания отходов в пределах обустроенной части пункта геологического захоронения, должна быть проведена детальная программа характеризации площадки. Необходимо получить количественные данные с уровнем детальности, достаточным для их конечного использования (с точки зрения достоверности и точности данных и их репрезентативности в плане вариаций в пространстве и времени). В приложении I содержатся дополнительные указания по типам информации, которые должна давать программа исследования и характеризации площадки. Этот перечень,

однако, не претендует на полноту, и то, какая информация потребуется и насколько детальной она должна быть, будут в конечном итоге определять конкретные обстоятельства на площадке.

6.10. В конечном счете знания, полученные при характеристике площадки, будут необходимы для достоверного научного описания природных характеристик площадки и демонстрации понимания процессов, значимых для безопасности (например, геологических, гидрологических, геохимических, механических процессов). Эти знания будут необходимы для обеспечения доверия к техническим основам оценки безопасности системы геологического захоронения.

6.11. Помимо описания современных характеристик площадки, программа характеристики площадки должна предусматривать сбор и интерпретацию информации для обоснования моделей, описывающих эволюцию площадки в прошлом. Это должно включать в себя изучение долгосрочной стабильности геосферы с точки зрения ее реагирования на прошлые экологические и климатические изменения на поверхности и воздействие тектонических процессов, в том числе образования разломов, растрескивания пород и вулканическую активность. Особенно актуальны в этом отношении палеогидрогеологические исследования. Временные интервалы для рассмотрения таких изменений должны быть как минимум сопоставимы с будущими временными интервалами, представляющими интерес для оценки безопасности. Такая информация может быть использована для обоснования сценариев будущей естественной эволюции площадки и для оценки значимости характеристик, событий и процессов, которые могут повлиять на функционирование системы захоронения, включая взаимодействие между природными и инженерными элементами.

6.12. Программа характеристики площадки должна проводиться в таком пространственном и временном масштабе и в таком объеме, который будет достаточным для надлежащего понимания явлений, способных повлиять на безопасность площадки в течение интересующих периодов времени, а также для разработки достоверных моделей физических процессов.

6.13. Характеристика площадки должна проводиться попеременно с оценкой безопасности, поскольку она дает исходный материал для подготовки обоснования безопасности и, в свою очередь, опирается на него.

6.14. Подробные данные о площадке и прилегающей территории должны быть получены при помощи дополнительных натурных, лабораторных и подземных исследований. Такие исследования должны дать возможность моделирования переноса радионуклидов на основе данных по конкретной площадке, способствовать установлению детальных инженерно-технических характеристик площадки и облегчить разработку проекта пункта захоронения.

6.15. Для получения данных по конкретной площадке, необходимых для технического обоснования рабочего проекта пункта захоронения, следует выполнить детальную программу характеристики площадки. Необходимая информация будет включать геолого-геофизические параметры и даст представление о факторах, влияющих на характеристики притока, важные для проектирования пункта захоронения. Характеризация площадки должна дать возможность подтвердить объем породы, доступной для захоронения отходов, для строительства туннелей и галерей и их оптимального расположения. Детальная программа характеристики площадки должна также стать источником данных о конкретной площадке, необходимых для обоснования любых оценок воздействия на окружающую среду, которые могут потребоваться, и подготовить почву для принятия регулирующим органом любых решений по лицензированию, касающихся строительства и эксплуатации пункта захоронения.

6.16. В программе характеристики площадки должны быть определены условия на площадке, подлежащие мониторингу на этапах подготовки к строительству, строительства и эксплуатации, и должен быть установлен требуемый уровень детальности измерений (например, достоверность и точность) для надлежащей фиксации базовых параметров природных систем площадки, с которыми можно будет сравнивать результаты будущего мониторинга площадки для выявления всех изменений, вызванных строительством и эксплуатацией пункта. Данные базового мониторинга могут включать в себя, к примеру, показатели гидравлического давления, химического состава подземных и поверхностных вод, движения поверхностных вод и естественного радиационного фона. Интервал времени между отборами проб должен выбираться таким образом, чтобы обеспечить достаточную разрешающую способность анализа, позволяющую заблаговременно извещать обо всех значительных изменениях условий на площадке, вызванных строительством и эксплуатацией пункта. Информация о пертурбациях, вызванных строительством, также может использоваться для тестирования и разработки моделей площадки.

6.17. Если будет принято решение о проведении мониторинга после закрытия, например для демонстрации и подтверждения того, что поведение площадки соответствует прогнозируемому, требования к нему должны быть определены заранее.

6.18. Программа характеристики площадки должна включать в себя систему менеджмента для обеспечения качества и возможности долгосрочного использования данных, а также их доступности. Система менеджмента должна учитывать, что данные характеристики площадки включают в себя пространственно распределенную информацию и данные временных рядов и что такая информация необходима для нужд, связанных с установлением базовых параметров для будущего мониторинга.

6.19. Система менеджмента должна обеспечивать интеграцию и координацию междисциплинарной деятельности, направленной на достижение разноплановых целей (т.е. научных, инженерных целей и целей безопасности). Деятельность, осуществляемая в рамках характеристики площадки, должна оказывать минимально возможное воздействие на природные характеристики площадки, чтобы не подвергать риску долгосрочную безопасность.

6.20. Информация, полученная в результате деятельности по характеристике площадки, будет, вероятно, использоваться для обоснования решений, принимаемых различными инстанциями. Подтверждение пригодности условий на площадке даст регулирующему органу основания для выдачи разрешения на переход к следующим этапам программы создания пункта захоронения, а именно к его строительству и/или эксплуатации. Характеризация площадки должна продолжаться до тех пор, пока это необходимо, в том числе в эксплуатационный период, чтобы стать источником данных для изучения конкретной зоны захоронения, обосновать продолжение работ по экскавации, дополнительно способствовать формированию адекватного набора базовых параметров для будущего мониторинга, облегчить подтверждение предположений, сделанных в ходе ранее проведенных оценок безопасности, и подкрепить обоснование безопасности после закрытия.

6.21. Следует установить критерии для уточнения и объяснения того, когда оператор должен перейти от одного этапа характеристики площадки к другому (например, перейти от поверхностных исследований к подземным),

при каких условиях площадка может быть названа пригодной для строительства или эксплуатации пункта захоронения и когда исследования можно считать законченными.

6.22. Одно из ключевых и, возможно, одно из самых сложных для обоснования требований при принятии решений будет связано с достаточностью информации о площадке. В конечном итоге решение о том, когда характеристику площадки можно считать законченной, должно быть основано на подтверждении того, что ее цели достигнуты с точки зрения сбора данных требуемого качества и в требуемом количестве, необходимых для обоснования оценок безопасности, оценок проекта пункта захоронения и воздействия на окружающую среду либо для обеспечения дополнительной уверенности в том, что система и процессы изучены. В рамках исследований площадки количество и качество данных для подкрепления оценок безопасности и обоснования безопасности после закрытия будет считаться достаточным, если любые дополнительно собранные данные уже не будут иметь существенной ценности с точки зрения безопасности. Например, исследования чувствительности могут показать, что основные неопределенности в данных поддаются управлению, что расчетные дозы и риски не выходят за пределы, ограничения или целевые показатели, установленные регулирующим органом, и что никакой дополнительный сбор данных уже не повысит степень доверия к обоснованию безопасности. Это может дать полезный материал для принятия решения о том, когда исследования на площадке для проведения оценок безопасности можно считать законченными (хотя следует отметить, что дальнейший мониторинг может иметь определенную ценность).

6.23. Этап подтверждения пригодности площадки, как правило, состоит из детальных исследований и изучения предпочтительной площадки до начала полномасштабного строительства пункта захоронения. Необходимо провести тщательное сравнение системы захоронения со всеми соответствующими критериями для подтверждения того, что эта система, если ее построить и эксплуатировать согласно проекту, будет работать так, как требуется. После подтверждения пригодности площадки в регулирующий орган представляется предложение с достаточной информацией для принятия решения об одобрении строительства пункта. Это предложение будет включать в себя оценку безопасности, основанную на результатах, полученных в ходе мероприятий по исследованию, характеристике и подтверждению пригодности площадки. Исследования, подтверждающие пригодность площадки, рассматриваются регулирующим органом на предмет принятия решения о пригодности площадки после

изучения всей информации. Если все необходимые требования соблюдены, может быть выдано разрешение (в форме лицензии, официального разрешения на строительство или допуска в ином виде) на начало строительства пункта захоронения. Обычно предполагается, что работы по характеристике будут продолжаться на этапах строительства и эксплуатации для получения дополнительных данных и дальнейшего уменьшения всех оставшихся неопределенностей в обосновании безопасности.

6.24. В сочетании с характеристикой площадки в целях безопасности должна проводиться оценка воздействия на окружающую среду, предписанная соответствующими национальными органами. В зависимости от соответствующего национального законодательства оценка воздействия на окружающую среду может быть очень широкой и включать в себя оценку воздействия предполагаемого пункта захоронения на здоровье и безопасность населения и на окружающую среду. Она также может включать рассмотрение вопросов предотвращения или смягчения такого воздействия и других локальных или региональных последствий размещения пункта захоронения на данной площадке.

КОНСТРУКЦИЯ

Требование 16 SSR-5 ([1]). Конструкция установки для захоронения

Установка для захоронения и ее инженерно-технические барьеры должны проектироваться таким образом, чтобы они удерживали отходы и сводили к минимуму связанные с ними риски, были физически и химически совместимыми с вмещающей геологической формацией и/или окружающей средой на поверхности и обеспечивали такие характеристики безопасности после закрытия, которые дополняют характеристики вмещающей среды. Проектирование установки и ее инженерно-технических барьеров должно осуществляться в целях обеспечения безопасности в течение эксплуатационного периода.

6.25. Конструкция пункта захоронения должна обеспечивать безопасность как в эксплуатационный период, так и в период после закрытия и должна учитывать все требования по мониторингу, учету и контролю ядерного материала, параллельно ведущуюся подземную деятельность (такую как экскавация, размещение отходов и техническое обслуживание, ремонт и замена оборудования) и возможность извлечения отходов или обратимость.

6.26. Хотя захоронением называют размещение отходов на соответствующем объекте без намерения их извлекать, в некоторых ситуациях все же может потребоваться, чтобы в любой период времени до закрытия имелась возможность их извлечения (конструкция, допускающая безопасное удаление отходов). Если возможность извлечения отходов является требованием проекта, ее необходимо предусмотреть на максимально ранней стадии процесса проектирования, чтобы не поставить под угрозу безопасность пункта после закрытия. Как и при выполнении любого другого проектного требования, следует взять на вооружение оптимизированный подход, соответствующий принципам проекта.

6.27. Хотя возможность извлечения может быть предусмотрена на всех этапах создания пункта, после закрытия пункта извлекаемость допускается только в виде исключения. Тем не менее в некоторых государствах возможность извлечения после закрытия является юридическим требованием и представляет собой граничное условие, определяющее круг доступных вариантов, которые всегда должны удовлетворять требованиям безопасности к захоронению.

6.28. Проект пункта должен быть достаточно подробным и точным для того, чтобы влияние проектных требований могло быть надлежащим образом взвешено при оценке эксплуатационной безопасности и безопасности после закрытия. По мере эволюции проекта пункта на этапах его разработки оценки безопасности актуализируются с целью оценки влияния изменений в проекте на соблюдение критериев регулирования.

6.29. Проектирование пункта для обеспечения безопасности в период после закрытия должно отвечать принципам надежности, простоты, технической осуществимости и пассивности; как отмечается в разделе 4, проектирование пункта для обеспечения эксплуатационной безопасности будет предполагать использование как активных, так и пассивных систем. При проектировании пункта в части, касающейся обеспечения безопасности деятельности на поверхности, связанной с эксплуатационным периодом (обращение с отходами и хранение отходов), необходимо учитывать современные методы радиационной защиты и техники безопасности на производстве, аналогичные применяемым на действующих ядерных установках. При проектировании пункта в части, касающейся обеспечения безопасности подземной деятельности (экскавация и размещение отходов), которая может вестись параллельно с поверхностной, следует использовать комбинацию оптимальных методов радиационной защиты и техники безопасности на производстве, в горнодобывающей отрасли и строительстве [2, 4, 18].

6.30. При проектировании пункта геологического захоронения в части, касающейся обеспечения безопасности в период после закрытия, следует оптимально использовать природные характеристики вмещающей геологической среды и предусматривать инженерные барьеры, дополняющие систему естественных барьеров. Предполагается, что пункты захоронения как высокоактивных, так и среднеактивных отходов будут функционировать в течение намного более длительных периодов времени, чем объекты, обычно проектируемые для промышленных нужд. Исследование того, как аналогичные природные материалы ведут себя в геологической среде в естественных условиях или как древние артефакты и созданные человеком сооружения ведут себя во времени, может способствовать повышению доверия к оценке долгосрочного функционирования пункта. Важно продемонстрировать, что изготовление контейнеров для отходов и строительство инженерных барьеров технически осуществимо (например, в подземных лабораториях), чтобы убедиться в том, что может быть достигнут адекватный уровень эффективности.

6.31. Пункт геологического захоронения должен быть спроектирован таким образом, чтобы делящийся материал, если он присутствует, в течение эксплуатационного периода оставался в подкритической конфигурации. Оценка возможной эволюции системы захоронения в период после закрытия должна также затрагивать проблему критичности и обеспечивать уверенность в сохранении подкритического состояния.

6.32. Эксплуатационная деятельность должна классифицироваться на основе предполагаемых условий радиационного облучения и потенциала загрязнения. Помещения пункта захоронения, которые нуждаются в радиационном контроле или потенциально могут быть загрязнены, должны располагаться в пределах специально обозначенной зоны для организации надлежащего контроля доступа. При выполнении эксплуатационных требований в отношении контроля доступа по мере необходимости может применяться зонирование, предусматривающее более строгие меры контроля во внутренних зонах.

6.33. Радиационный мониторинг в эксплуатационный период должен быть спланирован с учетом как ожидаемых условий эксплуатации, так и постулируемых аварий. Следует оборудовать станции мониторинга для измерения, к примеру, уровней внешнего излучения и, при необходимости, уровней загрязнения воздуха и подземных вод. Такие станции должны

быть устроены в зонах радиационного контроля на площадке и в неконтролируемых зонах на площадке, а также должны на выборочной основе размещаться вблизи пункта захоронения, за пределами площадки.

6.34. Для сохранения уверенности в робастности оценки безопасности и обоснования безопасности процесс проектирования пункта должен осуществляться в рамках системы менеджмента, предусматривающей контроль изменений конфигурации. Проектные характеристики инженерных барьеров для эксплуатационной безопасности² и безопасности после закрытия должны быть классифицированы, чтобы проектные требования применялись сообразно значимости данного барьера для безопасности.

6.35. Как и в случае с требованиями системы менеджмента к целостности данных, документация по проекту пункта, имеющая отношение к безопасности, должна быть прозрачной и должна архивироваться в интересах будущих поколений.

ПРИЕМЛЕМОСТЬ ОТХОДОВ

Требование 20 SSR-5 ([1]). Приемлемость отходов на установке для 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.

6.36. В рамках обоснования безопасности должны быть разработаны предлагаемый инвентарный перечень отходов и критерии приемлемости отходов, которые должны быть представлены в регулирующий орган для утверждения операций. Операции обеспечат безопасное обращение с отходами и выполнение формой отходов и упаковкой отходов функций безопасности, связанных с обеспечением долгосрочной безопасности.

² Инженерные барьеры для эксплуатационной деятельности часто называют «конструкциями, системами и элементами, важными для безопасности».

6.37. Окончательный перечень принятых и размещенных отходов должен быть проверен, представлен в регулирующий орган для одобрения закрытия пункта и включен в обоснование безопасности.

6.38. Характеристики отходов, важные для безопасности в эксплуатационный период и в период после закрытия, являются частью соответствующего обоснования безопасности. Критерии приемлемости отходов могут быть разработаны в ходе итеративного диалога между регулирующим органом, оператором пункта и производителем отходов. Эти критерии должны включать характеристики отходов, важные для безопасности в эксплуатационный период и в период после закрытия, и в них, как правило, должно указываться следующее:

- a) допустимый диапазон химических и физических свойств отходов и формы отходов;
- b) допустимые размеры, вес и другие производственные спецификации каждой упаковки отходов;
- c) допустимые уровни радиоактивности каждой упаковки;
- d) допустимые объемы делящегося материала в каждой упаковке;
- e) допустимая мощность дозы на поверхности и загрязнение поверхности;
- f) требования к сопроводительной документации;
- g) допустимое остаточное тепловыделение для каждой упаковки.

Производители отходов и операторы пунктов, возможно, пожелают принять во внимание дополнительные критерии приемлемости отходов, такие как метод кондиционирования отходов, принятый в процессе переработки, возможность образования газа (например, в результате радиолиза, коррозии или под воздействием микроорганизмов) или состав отходов (например, присутствие свободных жидкостей, объем пустот, содержание органики).

6.39. Отходы, предназначенные для геологического захоронения, должны быть охарактеризованы, чтобы была получена достаточная информация для обеспечения соответствия упаковок отходов, принятых для захоронения, критериям приемлемости отходов или, в противном случае, для принятия корректирующих мер производителем отходов или оператором пункта захоронения [1]. Решение о приемлемости упаковок отходов основывается главным образом на учетных документах, испытаниях перед кондиционированием и контроле процессов производства и кондиционирования. Из-за риска получения потенциально высоких доз от

упаковок отходов «испытания после кондиционирования и необходимость принятия корректирующих мер должны ограничиваться настолько, насколько это представляется практически возможным» [1].

6.40. Системы управления учетными документами должны быть построены таким образом, чтобы в них можно было разместить информацию, имеющую отношение к приемлемости отходов, включая данные, указанные в предыдущем пункте, а также учетные документы об образовании и переработке отходов.

6.41. Предлагаемые критерии приемлемости отходов должны быть опубликованы при первой возможности, что облегчит обеспечение совместимости произведенных отходов и безопасное обращение с ними на местах образования перед их размещением на пункте захоронения.

СООРУЖЕНИЕ

Требование 17 SSR-5 ([1]). Сооружение установки для захоронения

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. Строительные работы должны осуществляться таким образом, чтобы обеспечивалась безопасность в течение эксплуатационного периода.

6.42. Строительство пункта геологического захоронения начинается только после утверждения обоснования безопасности строительства пункта в соответствии с требованиями регулирующего органа. Если в комплекс сооружений пункта захоронения предполагается включить подземную установку для характеристики горных пород или проведения экспериментов, то должна быть подготовлена соответствующая документация, демонстрирующая, что строительство и эксплуатация установки для характеристики соответствует требованиям регулирующего органа к самому пункту захоронения.

6.43. Строительство пункта должно вестись в соответствии с утвержденным проектом пункта и с учетом всех утвержденных проектных модификаций, которые могут потребоваться после начала строительства. Взаимное расположение элементов пункта захоронения будет ограничено условиями залегания вмещающей породы, и, следовательно, по мере строительства в проект, вероятно, будут вноситься изменения. В процессе строительства необходимо провести исследования вмещающей породы для проверки пригодности схемы расположения пункта захоронения.

6.44. Эскавация и строительство пункта должны вестись таким образом, чтобы избежать излишнего нарушения геологической среды, например образования неоправданно больших нарушенных зон в результате эскавации, внесения вредных химических веществ во вмещающую породу и инициирования временных гидрогеологических и геохимических процессов во вмещающей породе. Присущие вмещающей породе свойства изоляции и удержания должны быть сохранены настолько, насколько это практически возможно.

6.45. Строительство пункта геологического захоронения может продолжаться после начала эксплуатации части пункта и размещения отходов. Для обеспечения безопасности подземных работ, связанных со строительством пункта, необходимо учитывать возможность параллельного проведения работ по эскавации и размещению отходов, а в ходе строительства должно использоваться сочетание оптимальных методов обеспечения радиологической безопасности, техники безопасности на производстве и в строительстве [2, 4, 18].

6.46. Безопасность строительных работ на поверхности должна опираться на современную технику безопасности на производстве, аналогичную применяемой на существующих ядерных или промышленных объектах.

ЭКСПЛУАТАЦИЯ

Требование 18 SSR-5 ([1]). Эксплуатация установки для захоронения

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.

6.47. В качестве одного из условий получения разрешения на эксплуатацию (лицензии) оператор до начала операций с радиоактивным материалом обязан продемонстрировать адекватность конструкций, систем, элементов, услуг, функций и процедур на пункте для безопасного приема, размещения и, при необходимости, извлечения упаковок отходов, в том числе в нештатных и аварийных ситуациях. Для оценки адекватности проекта, в том числе эксплуатационных процедур, для безопасного обращения, размещения и, при необходимости, извлечения отходов в ходе нормальных операций должен использоваться период ввода в эксплуатацию.

6.48. После получения разрешения на начало операций с радиоактивным материалом пункт должен эксплуатироваться согласно с условиями лицензии на эксплуатацию и соответствующими регулирующими требованиями для обеспечения надлежащей радиационной защиты персонала, населения и окружающей среды. Операции должны проводиться в соответствии с утвержденными регламентами, обеспечивающими безопасность [4, 18, 19].

6.49. Следует осуществлять контроль доступа в зоны, где происходит обращение с отходами, их хранение или размещение, с целью обеспечения безопасности и физической защиты материала. Необходимо предусмотреть возможность обнаружения любого несанкционированного проникновения и оперативного принятия контрмер (см. также пункты 6.69–6.74).

6.50. Мероприятия по закрытию являются частью эксплуатационного периода пункта и должны отдельно утверждаться регулирующим органом; с учетом этих мероприятий по закрытию необходимо периодически актуализировать обоснование безопасности. Некоторые части пункта захоронения, такие как туннели для захоронения, могут быть засыпаны как можно скорее, чтобы минимизировать нарушение вмещающей породы. Такие поэтапные действия по закрытию должны утверждаться регулирующим органом.

6.51. Следует рассмотреть возможность параллельного строительства и размещения отходов. Эта деятельность должна вестись в соответствии с требованиями радиационной защиты, безопасности работ по экскавации и техники безопасности на производстве применительно к конкретному виду деятельности.

6.52. По всей вероятности, пункты геологического захоронения будут использоваться для размещения отходов, образующихся при эксплуатации или выводе из эксплуатации электростанций, на протяжении нескольких десятилетий. Технологические регламенты должны охватывать техническое обслуживание и, возможно, ремонт или замену оборудования в течение этого периода эксплуатации. Документирование изменений в оборудовании, регламентах и условиях, а также, при необходимости, обоснование их безопасности должно быть ясным и подробным.

6.53. Мониторинг облучения персонала и утечки радиоактивных материалов (в основном в воздух) в эксплуатационный период должен использоваться для обоснования проектных изменений, в том числе изменений в регламентах, в целях минимизации утечек и поддержания облучения на минимально возможном уровне.

6.54. В рамках демонстрации безопасности на этапе эксплуатации оператор должен проанализировать последствия различных внешних событий (например, пожара, наводнения, взрыва) для безопасности пункта захоронения и безопасности персонала.

6.55. В некоторых программах геологического захоронения предусматривается, что пункт может оставаться открытым в течение значительного периода времени после прекращения размещения отходов. Это еще больше удлинит эксплуатационный период, позволив тем самым получить еще большие объемы данных мониторинга, имеющих отношение к функционированию пункта после закрытия (например, данных о коррозии упаковок отходов, увлажнении материалов засыпки, изменении гидрологических условий). Необходимо разработать процедуры оценки данных мониторинга на предмет влияния увеличенного эксплуатационного периода на безопасность пункта после закрытия (например, для переоценки безопасности на основе данных мониторинга). Документирование данных мониторинга, всех соответствующих изменений по сравнению с исходными условиями и, при необходимости, влияния увеличенного эксплуатационного периода на безопасность после закрытия должно быть ясным и подробным.

ЗАКРЫТИЕ

Требование 19 SSR-5 ([1]). Закрытие установки для захоронения

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.

6.56. Закрытие пункта геологического захоронения предполагает проведение таких мероприятий, как засыпка и герметизация подземных помещений пункта захоронения. Цель закрытия — попытаться восстановить, насколько это практически возможно, первоначальные природные условия, в которых находилась вмещающая порода до начала любых работ по экскавации.

6.57. Функционирование пункта геологического захоронения после закрытия должно учитываться при первоначальном проектировании и при последующей актуализации обоснования безопасности. Перед получением разрешения регулирующего органа на закрытие пункта необходимо обновить обоснование безопасности с целью предоставить достаточные доказательства того, что система закрытия будет эффективной и что безопасность пункта геологического захоронения после закрытия будет соответствовать регулирующим требованиям. Эффективность системы закрытия может быть доказана путем демонстрации знаний о естественной эволюции площадки, проведения натурных испытаний, анализа данных и моделирования, а также путем использования подходящих природных аналогов.

6.58. «Закрытие установки для захоронения должно осуществляться в соответствии с условиями для закрытия, установленными регулирующим органом в разрешении на установку, с уделением особого внимания любым изменениям обязанностей, которые могут произойти на этом этапе. В соответствии с этим средства, необходимые для закрытия, могут устанавливаться параллельно с операциями по размещению отходов. Забутовка, установка затворов или закупоривание могут быть отсрочены в течение периода после завершения размещения отходов, например, с тем чтобы обеспечить мониторинг для оценки аспектов, касающихся

безопасности после закрытия, или по причинам, связанным с общественной приемлемостью. Если такие средства не планируется устанавливать в течение определенного периода времени после завершения работ по размещению отходов, то в обосновании безопасности должны быть рассмотрены последствия для безопасности во время эксплуатации и после закрытия» [1].

6.59. Закрытие пункта геологического захоронения должно также предполагать вывод из эксплуатации наземных сооружений и проведение всех необходимых работ по восстановлению окружающей среды, а также может включать в себя установку долговечных маркеров.

ПРОГРАММЫ МОНИТОРИНГА

Требование 21 SSR-5 (11). Программы мониторинга на установке для захоронения

Программа мониторинга, если она является частью обоснования безопасности, должна выполняться до начала и во время сооружения и эксплуатации установки для захоронения и после ее закрытия. Эта программа должна быть составлена так, чтобы собиралась и обновлялась информация, необходимая для целей обеспечения защиты и безопасности. Должна быть получена информация для подтверждения условий, необходимых для обеспечения безопасности работников и лиц из населения и охраны окружающей среды в период эксплуатации установки. Должен также проводиться мониторинг с целью подтверждения отсутствия любых условий, которые могли бы снижать безопасность после закрытия установки.

6.60. Мониторинг означает непрерывное или периодическое измерение радиологических или других параметров или определение состояния конструкции, системы или элемента. «Должен проводиться мониторинг на каждом этапе разработки и эксплуатации установки для захоронения» [1]. Мониторинг дает исходные данные для оценки безопасности, постоянную гарантию эксплуатационной безопасности пункта и подтверждает, что фактические условия соответствуют предположениям, сделанным в отношении безопасности после закрытия.

6.61. Программа мониторинга должна быть определена до начала строительства и совместно с разработкой обоснования безопасности. Перед началом строительных работ необходимо провести базовое обследование площадки, включая характеристику вмещающей породы. Программа мониторинга должна периодически пересматриваться с учетом новой информации, получаемой в ходе строительства и эксплуатации. О мероприятиях по мониторингу, которые могут проводиться в предэксплуатационный и эксплуатационный периоды, говорится в [20].

6.62. Программа мониторинга должна быть включена в обоснование безопасности и должна уточняться при каждом пересмотре обоснования безопасности. В течение эксплуатационного периода программа мониторинга должна использоваться для демонстрации соблюдения регулирующих требований и условий лицензии на эксплуатацию, включая соблюдение требований безопасности для защиты окружающей среды и радиационной защиты [4].

6.63. Программа мониторинга должна подвергаться аудиту и независимой проверке со стороны регулирующего органа или других уполномоченных организаций.

6.64. В период после закрытия пункт геологического захоронения должен иметь пассивно безопасную конструкцию и не должен требовать организации программы мониторинга после закрытия или опираться на такую программу для того, чтобы гарантировать безопасность. Если это необходимо, правительство или регулирующий орган могут проводить мониторинг после закрытия для снятия проблем, волнующих общественность, но он не должен создавать угрозы для пассивно безопасной конструкции.

НАДЗОР И КОНТРОЛЬ ЗА ПАССИВНЫМИ СРЕДСТВАМИ БЕЗОПАСНОСТИ

Требование 10 SSR-5 (11). Надзор и контроль за пассивными средствами безопасности

Должен применяться надлежащий уровень надзора и контроля для защиты и сохранения пассивных средств безопасности, в необходимой степени, с тем чтобы они могли выполнять

возложенные на них в обосновании безопасности функции по обеспечению безопасности после закрытия установки.

6.65. В контексте настоящего Руководства по безопасности термин «надзор» означает физический осмотр пункта захоронения с целью проверки его целостности для защиты и сохранения пассивных средств безопасности (барьеров). Надзор должен быть сосредоточен на элементах функционирования барьеров, которые непосредственно связаны с ключевыми функциями безопасности системы захоронения. «Для геологического захоронения... пассивные средства безопасности (барьеры) должны быть достаточно прочными во избежание необходимости ремонта и модернизации» [1] в целях выполнения требуемых функций безопасности. Мероприятия по надзору не должны ставить под угрозу безопасность пункта после его закрытия.

6.66. Пункты геологического захоронения проектируются как пассивно безопасные, и после закрытия их безопасность не должна гарантироваться такими средствами, как вмешательство, надзор или контроль.

ПЕРИОД ПОСЛЕ ЗАКРЫТИЯ И СРЕДСТВА ВЕДОМСТВЕННОГО КОНТРОЛЯ

Требование 22 SSR-5 (11). Период после закрытия и средства ведомственного контроля

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.

6.67. Пункты геологического захоронения проектируются таким образом, чтобы в период после закрытия быть пассивно безопасными (т.е. не требовать вмешательства для обеспечения безопасности), и «обеспечение долгосрочной безопасности установки для захоронения радиоактивных отходов состоит в том, чтобы не зависеть от активных средств ведомственного контроля» [1].

6.68. Пассивные средства ведомственного контроля должны быть предусмотрены для того, чтобы предотвратить непреднамеренные действия человека, которые могут затронуть отходы или привести к повреждению средств безопасности пункта геологического захоронения, либо снизить вероятность таких действий. Средства ведомственного контроля могут включать установку долговечных маркеров, помещение документации о данном пункте в национальные и международные архивы, доступные будущему поколению, и передачу ответственности за пункт организации-преемнику. Возможно, потребуются разработать подходящий механизм для передачи ответственности от одного поколения к другому.

РАССМОТРЕНИЕ ГОСУДАРСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ УЧЕТА И КОНТРОЛЯ ЯДЕРНОГО МАТЕРИАЛА

Требование 23 SSR-5 ([1]). Рассмотрение государственной системы учета и контроля ядерного материала

При проектировании и эксплуатации установок для захоронения, подлежащих применению соглашений об учете и контроле ядерного материала, должны быть рассмотрены вопросы обеспечения безопасности таким образом, чтобы она не подвергалась угрозе в результате принятия мер, требующихся в рамках системы учета и контроля ядерного материала [21–23].

6.69. Система учета и контроля ядерного материала применяется к материалам, которые содержат значительные количества делящегося материала в потенциально извлекаемой форме [21–23]. Цель ядерных гарантий МАГАТЭ состоит в своевременном обнаружении переключения значимых количеств ядерного материала с мирной ядерной деятельности на производство ядерного оружия или других ядерных взрывных устройств либо на неизвестные цели, а также в сдерживании такого переключения благодаря наличию риска раннего обнаружения. Геологическое захоронение обеспечивает долгосрочную пассивную физическую ядерную безопасность, соответствующую цели ядерных гарантий МАГАТЭ.

6.70. В тех случаях, когда применяются требования ядерных гарантий МАГАТЭ, они будут относиться ко всем трем периодам создания пункта геологического захоронения (см. пункт 2.3). Официальное руководство МАГАТЭ по применению гарантий на пунктах геологического захоронения

пока находится в стадии разработки, но МАГАТЭ уже опубликовало руководящие принципы физической защиты, которые будут необходимо учитывать для таких пунктов.

6.71. Определенная информация, необходимая для обеспечения безопасности, может также служить целям гарантий МАГАТЭ. На ранней стадии создания пункта захоронения должна быть определена взаимодополняющая и совместная информация, которая может включать:

- a) данные мониторинга, которые дают исходную информацию для последующих оценок безопасности, обеспечивают эксплуатационную безопасность и функционирование пункта и подтверждают наличие условий, соответствующих требованиям долгосрочной безопасности;
- b) данные проводимых для целей гарантий МАГАТЭ измерений нуклидного состава отработавшего топлива, которые могут использоваться для расчетов с целью оценки подкритичности и тепловыделения;
- c) измерения утечек радионуклидов и данные мониторинга окружающей среды, которые могут способствовать обеспечению уверенности в отсутствии на площадке незаявленной деятельности в связи с делящимся материалом.

6.72. В предэксплуатационный период подразделениям МАГАТЭ, отвечающим за ядерные гарантии, потребуется информация об исходном состоянии площадки, еще не затронутой работами, желательно до начала экскавации, проекты планов пункта и операций, описание предполагаемых подземных разведочных работ и общая информация о регионе (например, о местной горнодобывающей деятельности). Заблаговременный доступ к информации о конструкции и всем ранее существовавшим или исходным данным необходим для того, чтобы МАГАТЭ могло оценить требования ядерных гарантий и предложить те или иные модификации конструкции, которые могут облегчить ее постановку под гарантии. Эта информация также используется для планирования мер гарантий таким образом, чтобы они не поставили под угрозу безопасное строительство и эксплуатацию пункта.

6.73. В эксплуатационный период целью гарантий МАГАТЭ является обеспечение непрерывности знаний о делящемся материале и отсутствия какой бы то ни было незаявленной деятельности на площадке в отношении такого материала. Непрерывность знаний обеспечивается государственной

системой учета и контроля и МАГАТЭ. Оператор будет обязан вести достаточный объем учетной документации для нужд государства и МАГАТЭ.

6.74. Политика МАГАТЭ в отношении пунктов геологического захоронения заключается в том, что требования гарантий остаются в силе даже после того, как отходы окончательно складированы на пункте геологического захоронения. В период после закрытия ядерные гарантии МАГАТЭ могут применяться на практике при помощи дистанционных средств (например, спутникового мониторинга, аэрофотосъемки, микросейсмического наблюдения), хотя может быть также достаточно и более простых административных мер. «Следует избегать применения интрузивных методов, которые могут поставить под угрозу безопасность после закрытия» [1]. Благодаря дальнейшему применению мер гарантий можно повысить уверенность в долговечности административного контроля, призванного предотвратить непреднамеренное нарушение целостности пункта геологического захоронения. В этом смысле ядерные гарантии могут повысить уверенность в безопасности пункта после закрытия.

МЕРЫ ФИЗИЧЕСКОЙ ЯДЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Требование 24 SSR-5 ([1]). Требования в отношении мер по обеспечению физической ядерной безопасности

Должны быть приняты меры по применению комплексного подхода к обеспечению безопасности и физической ядерной безопасности на установке для захоронения радиоактивных отходов.

6.75. «В тех случаях, когда необходимы меры по обеспечению физической ядерной безопасности с целью предотвращения несанкционированного доступа лиц и несанкционированного изъятия радиоактивного материала, должны быть приняты меры в рамках комплексного подхода по обеспечению безопасности и физической ядерной безопасности» [1, 2, 24].

6.76. «Уровень физической ядерной безопасности должен быть соразмерным уровню радиологического риска и характеру отходов» [1]³. Требования к физической безопасности будут наиболее строгими там, где применяются требования ядерных гарантий (см. также пункты 6.69–6.74).

СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

Требование 25 SSR-5 ([1]). Системы управления

Системы управления⁴, предусматривающие обеспечение качества, должны применяться ко всем связанным с безопасностью видам деятельности, системам и компонентам на всех этапах разработки и эксплуатации установки для захоронения. Уровень обеспечения качества каждого элемента должен быть соразмерным его важности с точки зрения безопасности.

6.77. В [25] установлены требования к созданию, внедрению, оценке и постоянному совершенствованию системы менеджмента в каждой организации. Чтобы отвечать требованиям, система менеджмента должна объединять в себе элементы безопасности, охраны здоровья, охраны окружающей среды, физической безопасности, качества и экономики. Основопологающим принципом, на котором базируется система менеджмента, является безопасность. Система менеджмента определяет организационную структуру для осуществления процессов. Она также определяет обязанности и полномочия различных лиц и организаций, участвующих в планировании, осуществлении и оценке процессов, и то, как будет осуществляться деятельность. Система менеджмента должна применяться ко всем процессам, видам деятельности, системам и элементам на всех этапах создания и эксплуатации пункта геологического захоронения.

6.78. Система менеджмента оператора должна отвечать национальным стандартам в отношении систем менеджмента, и по возможности следует использовать международно признанные кодексы, правила и

³ Техническое руководство по физической защите радиоактивных отходов находится в стадии подготовки.

⁴ Термин «система управления (менеджмента)» охватывает все первоначальные концепции контроля качества (контроля качества продукции) и их постепенное превращение в обеспечение качества (систему обеспечения качества продукции) и менеджмент качества (систему менеджмента качества).

стандарты [25–27]. Надлежащая система менеджмента, объединяющая в себе элементы безопасности, охраны здоровья, охраны окружающей среды, физической безопасности, качества и экономики, способствует повышению уверенности в том, что соответствующие требования и критерии, касающиеся характеристики площадки, проектирования, сооружения, эксплуатации, закрытия и безопасности после закрытия, выполняются. Соответствующие виды деятельности, системы и элементы должны быть определены на основе результатов систематических оценок безопасности, а применение требований системы менеджмента должно быть соразмерным их важности для безопасности.

6.79. Система менеджмента оператора должна быть приемлемой для регулирующего органа и сертифицирующих организаций, имеющих соответствующую аттестацию. Система менеджмента должна быть одобрена старшим руководством эксплуатирующей организации с обязательством обеспечить ее полномасштабное внедрение во всей организации.

6.80. Эксплуатирующая организация должна периодически оцениваться соответствующими внешними органами на предмет соблюдения процедур, установленных в рамках системы менеджмента.

6.81. Поскольку при геологическом захоронении используются как естественные, так и искусственные барьеры, система менеджмента должна быть разработана с учетом того, что природным системам изначально свойственны неопределенности и что для систематического учета таких неопределенностей в долгосрочных оценках безопасности могут потребоваться специальные процедуры.

6.82. Применительно к пункту геологического захоронения система менеджмента и ее комплексная программа обеспечения качества должны предусматривать подготовку, хранение и обеспечение сохранности объективных доказательств (например, образцов материалов, а также документальных свидетельств) того, что требуемые цели в области качества были достигнуты.

6.83. Следует подумать об использовании физических и электронных форм учетных документов, чтобы обеспечить доступность информации в будущем и ее надлежащее архивирование в интересах будущих поколений (см. также пункт 6.68)⁵.

6.84. Для всех этапов и мероприятий по созданию пункта захоронения оператор должен определить свои потребности в персонале, набрать и обучить достаточно квалифицированных специалистов, а также поддерживать и развивать культуру безопасности. С учетом того, что пункт захоронения может эксплуатироваться на протяжении десятилетий, оператор должен принять меры по поддержанию высокого уровня компетентности и культуры безопасности посредством учебно-образовательной работы и передачи знаний.

СУЩЕСТВУЮЩИЕ УСТАНОВКИ ДЛЯ ЗАХОРОНЕНИЯ

Требование 26 SSR-5 ([1]). Существующие установки для захоронения

Безопасность существующих установок для захоронения должна периодически оцениваться до прекращения действия лицензии. В течение этого периода безопасность должна также оцениваться при планировании любой модификации, значимой с точки зрения безопасности, или в случае внесения изменений в условия разрешения. В случае невыполнения любых требований, изложенных в настоящей публикации категории «Требования безопасности», должны быть приняты меры для повышения безопасности установки с учетом экономических и социальных факторов.

6.85. В настоящее время в мире нет действующих пунктов захоронения высокоактивных радиоактивных отходов и имеется лишь ограниченное число пунктов геологического захоронения среднеактивных отходов. Более старые пункты, которые сооружались без учета современных норм безопасности, могут не отвечать всем требованиям безопасности, установленным в [1].

⁵ В стадии подготовки находится доклад по безопасности, содержащий дополнительную информацию о ведении и обеспечении сохранности таких учетных документов.

6.86. Необходимо провести оценку безопасности существующих пунктов после закрытия, чтобы определить, отвечают ли они современным нормам безопасности после закрытия. Для действующего пункта такая оценка должна основываться на текущих планах его дальнейшей эксплуатации, возможного закрытия и введения любых мер ведомственного контроля после закрытия.

6.87. Если оценка покажет, что пункт соответствует современным нормам безопасности после закрытия, дальнейшие действия не потребуются. Если он не соответствует современным нормам, то дальнейшие действия будут зависеть от того, продолжает ли пункт функционировать. Может потребоваться сбор дополнительной информации о характеристиках площадки.

6.88. Для того чтобы существующие пункты, не отвечающие нормам, продолжали безопасно работать и впоследствии были безопасным образом закрыты, их необходимо довести до соответствующего уровня безопасности. В этой связи будет необходимо оценить и сравнить возможности для принятия корректирующих мер, внесения изменений в текущие критерии приемлемости отходов, регламенты эксплуатации и технического обслуживания, а также планы закрытия. Кроме того, могут потребоваться новые процедуры мониторинга и наблюдения.

6.89. Может возникнуть необходимость выяснения того, следует ли принимать корректирующие меры и если да, то какие меры будут оптимальными. С точки зрения радиационной защиты речь идет о принципах обоснования и оптимизации [4]. Обоснование предполагает сравнение последствий принятия возможных корректирующих мер с последствиями бездействия, а затем установление того, какие меры, если таковые существуют, принесут больше вреда, чем пользы. Когда будут определены типы корректирующих мер, которые могут быть обоснованы, их следует сравнить друг с другом, чтобы подготовить почву для принятия решения о предпочтительных мерах. Это сравнение должно охватывать все факторы, необходимые для определения оптимального варианта (т.е. корректирующих мер, которые принесут наибольшую пользу).

6.90. Главным принципом радиационной защиты, применяемым при принятии решений относительно корректирующих мер или изменений в эксплуатационных планах и регламентах на действующем пункте, является принцип оптимизации [4]. Почва для принятия решений должна быть подготовлена путем сравнения различных предполагаемых действий

и изменений на основе их радиологического воздействия на людей и окружающую среду после закрытия, их нерадиологического воздействия на людей и окружающую среду, их социального воздействия, сопряженных с ними финансовых затрат и других факторов. Процесс принятия решений могут облегчить технико-экономические обоснования и программа демонстраций. Из-за широкого круга вопросов, которые необходимо рассмотреть, имеет смысл привлечь другие заинтересованные стороны, помимо регулирующего органа (например, местное население), к оценке и сравнению предполагаемых корректирующих мер и изменений в порядке эксплуатации существующих пунктов.

6.91. Круг возможных корректирующих мер на закрытом пункте (или закрытых частях пункта геологического захоронения) более ограничен, чем на действующем пункте. Открытие пункта (или какой-либо его части) для принятия корректирующих мер, вероятно, повлечет за собой крупные финансовые затраты и значительное радиационное облучение работников и риски для них.

6.92. Кроме того, встает вопрос о подходящем моменте для принятия корректирующих мер. Меры, принимаемые на раннем этапе, могут иметь свои преимущества и недостатки. Например, на тот момент форма отходов и упаковки отходов деградируют в меньшей степени и отходы будет проще извлечь, но уровень распада будет меньше, и поэтому радиационное облучение работников может быть выше. Один из способов решения вопроса о сроках — провести оптимизацию и предусмотреть корректирующие меры на разных этапах в качестве отдельных вариантов. Как и в случае с действующими пунктами, привлечение заинтересованных сторон к принятию решений по корректирующим мерам на закрытых пунктах также имеет свои преимущества.

Приложение I

ВЫБОР ПЛОЩАДОК ДЛЯ ПУНКТОВ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ЗАХОРОНЕНИЯ

ВВЕДЕНИЕ

I.1. При геологическом захоронении радиоактивных отходов выбор площадки является вопросом принципиальной важности. В процессе выбора площадки для пункта захоронения радиоактивных отходов можно выделить четыре этапа: i) этап разработки концепции и планирования; ii) этап обследования территории, ведущий к выбору одной или нескольких площадок для более детального рассмотрения; iii) этап исследования площадок, включающий детальные исследования конкретных площадок и характеризацию площадок; iv) этап подтверждения пригодности площадки. При выборе площадки производится отбор одной или нескольких предпочтительных площадок-кандидатов после обследования большого района, отклонения непригодных площадок и скрининга и сравнения остальных площадок; из нескольких — возможно, многих — перспективных площадок, определенных в начале процесса выбора, выбирается одна или несколько предпочтительных площадок исходя из геологических условий и с учетом других факторов. Важное значение в любом процессе выбора площадки имеют социально-политические факторы (например, демографическая ситуация, транспортная инфраструктура, современные формы землепользования). Принятие решений в процессе выбора площадки может предполагать различные уровни участия общества и местного населения, включая использование права вето и волонтерскую деятельность. Национальные предпочтения у разных государств будут неодинаковыми, и, следовательно, они не могут быть предметом рассмотрения в международном руководстве по безопасности пунктов геологического захоронения. На начальных этапах выбора площадки геологическая и гидрогеологическая информация по конкретной площадке может быть скудной либо отсутствовать вовсе. Тем не менее имеющиеся данные подобного рода и экспертная оценка должны использоваться для обоснования решения о выборе одного или нескольких мест в качестве перспективной площадки для подземного захоронения. На перспективной площадке должны иметься свидетельства наличия благоприятных природных характеристик удержания и изоляции для рассматриваемых типов отходов и указания на то, что могут быть установлены все необходимые инженерные барьеры для предотвращения

или замедления миграции радионуклидов из системы захоронения в доступную окружающую среду. Эти данные должны быть проверены в ходе последующего детального исследования площадки, характеристики и соответствующего моделирования для оценки безопасности.

I.2. Детальное исследование и характеристика площадок проводятся на заключительных этапах процесса выбора площадки (этапы iii и iv), и в разделе 6 настоящего Руководства по безопасности содержатся рекомендации, в частности, для этапа детальной характеристики площадки, ведущего к подтверждению ее пригодности. В данном приложении представлен краткий обзор некоторых важных моментов, касающихся этапа разработки концепции и планирования, этапа обследования территории и этапа исследования площадок. Далее следуют дополнительные руководящие указания по типам данных, которые предполагается получить в ходе программы исследования и характеристики.

Этап разработки концепции и планирования

I.3. Поскольку первый этап выбора площадки связан с концептуальным проектированием и планированием до выбора площадки, он обязательно проводится на ранней стадии процесса создания пункта захоронения. Целью этапа концептуального проектирования и планирования является разработка общего плана для осуществления процесса выбора площадки и определение, на базе имеющихся данных, типов пород и геологических формаций, которые могут быть использованы в качестве основы для этапа обследования территории. Руководящие принципы процесса выбора площадки должны быть определены оператором на ранней стадии этого этапа планирования. Насколько это возможно, должны быть оценены необходимые финансовые и людские ресурсы, материалы, оборудование и время, а также оговорены обязанности по проведению всего исследования, связанного с выбором площадки. Организация, на которую возложена ответственность за выбор площадки, может быть той же самой, что и организация, которая занимается детальной характеристикой площадки(ок) или сооружением и эксплуатацией пункта захоронения. Такие решения о распределении обязанностей будут приниматься на национальном уровне. Однако процесс выбора площадки должен идти по определенному плану, который, вероятно, потребует периодической актуализации и который

должен разрабатываться в консультации с регулирующим органом. Этот план должен включать:

- a) постановку и описание общих задач, которые должны быть выполнены;
- b) диаграммы последовательности действий при выполнении различных задач;
- c) любые рекомендации или критерии, принятые в отношении характеристик площадки;
- d) описание процедур применения этих рекомендаций или критериев;
- e) график всех мероприятий;
- f) смету расходов;
- g) информацию о том, как при оптимизации проектирования учитываются долгосрочные проблемы безопасности;
- h) причины, по которым предлагаемые площадки могут быть исключены или были исключены.

I.4. В начале этапа разработки концепции и планирования следует определить ключевые моменты принятия решений исходя из потребностей и сроков создания пункта захоронения. Должны быть указаны и охарактеризованы типы и объемы отходов, которые будут размещены на пункте захоронения. Прогнозируемые объемы отходов и виды деятельности должны быть представлены в количественной форме. Используя эту информацию, следует выработать общую концепцию проекта пункта захоронения.

I.5. В соответствии с национальными регулирующими требованиями оператором должны быть разработаны ключевые геолого-геофизические критерии, которые будут использоваться для обоснования суждений о потенциальной пригодности площадки. Такие критерии могут включать требования или предпочтения в отношении вмещающей породы и окружающей геосферы, например тектонические условия, характеристики породы и свойства подземных вод. На основе этих критериев следует разработать рекомендации по скринингу для отбора подходящих зон и вмещающих пород, а в дальнейшем и для выбора предпочтительной площадки(ок). Следует признать, что в процессе выбора площадки критерии или любые ограничения, налагаемые на критерии, могут меняться по мере развития знаний. Следует также учесть, что рассмотрение критериев можно улучшить благодаря использованию результатов предварительных оценок всей системы.

Этап обследования территории

I.6. Цель этапа обследования территории заключается в определении районов и постепенном сужении круга мест, где могут находиться подходящие площадки, после учета соответствующих факторов выбора площадки, определенных на предыдущем этапе. Этот процесс выбора площадки может осуществляться путем поэтапного скрининга интересующего района, в результате которого выявляются подходящие участки небольшого размера. Если некоторые небольшие участки уже определены как возможные места размещения, на этом этапе можно провести исследования для сбора информации районного масштаба, необходимой для более точного определения граничных условий.

I.7. Этап обследования территории обычно включает в себя две стадии:

- 1) стадию картирования или исследования района для выявления участков с потенциально пригодными площадками;
 - 2) скрининг для отбора одной или нескольких потенциальных площадок для дальнейшей и более детальной оценки.
- а) Стадия картирования или исследования района

I.8. Типичный подход к поэтапному скринингу начинается с определения критериев, которые будут использоваться для выбора интересующих районов. К этим критериям относятся географические, геологические и гидрогеологические характеристики, благоприятствующие реализации концепции захоронения. Если говорить в целом, то будет важна эффективность функционирования всей системы, но могут быть выявлены факторы, имеющие решающее значение для успеха или неудачи конкретной концепции захоронения. Картирование или исследование района может, к примеру, охватывать всю территорию района, определенную естественными или политическими границами, либо быть ограничено участками, прилегающими к основным местам производства отходов в государстве. Последующая деятельность должна быть сосредоточена на постепенно уменьшающихся в размерах и все более подходящих участках. Этот процесс должен допускать выбор одной или нескольких потенциальных площадок.

I.9. Определение факторов, связанных с выбором площадки, которые будут использоваться на стадии картирования района, должно основываться на типе предполагаемого пункта захоронения, возможности применения простых рекомендаций и наличии необходимых данных. Следует также

учесть все специальные требования регулирующего органа, например требования в отношении близости к крупным активным разломам и центрам вулканической активности. Проводимый на этой стадии анализ будет опираться в основном на имеющуюся информацию (например, данные предыдущих геологоразведочных работ, исторические данные о сейсмической активности, данные дистанционного зондирования).

b) Стадия скрининга площадок

I.10. На следующей стадии на подходящих участках подбираются потенциальные площадки. При скрининге потенциальных площадок могут приниматься во внимание некоторые факторы, не учтенные на стадии картирования района, в том числе социально-политические критерии, если они не использовались ранее. Например, при анализе района и последующем скрининге потенциальных площадок потребуется учесть многие национальные законы и иные нормативные акты (например, крупные ресурсы подземных вод, национальные парки, исторические памятники). Как правило, они ясно определены, и поэтому никаких специальных решений от регулирующего органа не потребуется.

Этап исследования площадок

I.11. Этап исследования площадок предполагает детальное изучение одной или нескольких потенциальных площадок, отобранных на этапе обследования территории, для определения их приемлемости в различных отношениях, в частности с точки зрения безопасности. На этом этапе должна быть получена информация, необходимая для составления предварительного проекта конкретной площадки.

I.12. На этапе исследования площадок требуется проведение более детальных исследований, чем на этапе картирования района, для получения информации по конкретной площадке в целях установления характеристик и диапазонов параметров площадки в отношении расположения предполагаемого пункта захоронения. Это потребует проведения разведочных работ и исследований на площадке для получения данных о фактических геологических, гидрогеологических и экологических условиях на ней. Это будет предполагать проведение натурных поверхностных и, возможно, подземных (например, скважинных) исследований, дополняемых лабораторными работами. Потребуется также собрать другие данные, имеющие отношение к более общему изучению площадки и ее описанию, в том числе о транспортной доступности, демографических и социальных

аспектах. Исследование площадок может проходить в несколько этапов, которые включают в себя сбор и интерпретацию все более крупного массива данных, и иметь целью выбор одной или нескольких предпочтительных площадок для детальной характеристики.

I.13. На относительно ранней стадии должна быть проведена предварительная оценка безопасности с целью определить, является ли площадка потенциально пригодной для размещения пункта захоронения. Эта предварительная оценка безопасности должна включать результаты предварительного исследования площадки и описание использованного процесса принятия решения.

I.14. Если рассматривается несколько площадок, то в разумных пределах может быть проведена их сравнительная оценка на основе суждений об их способности удовлетворять всем требованиям безопасности и приемлемости для строительства пункта захоронения.

I.15. По завершении данного этапа исследования площадок будет определена предпочтительная площадка или площадки. Необходимо подготовить отчет обо всем процессе, в котором будут документально зафиксированы все данные и аналитические работы, включая предварительную оценку безопасности. Предполагается, что при окончательном выборе площадки будут также учитываться суждения, основанные на социально-экономических и политических соображениях. На этом этапе может быть проведена оценка воздействия на окружающую среду, предписанная соответствующими национальными органами. Также предполагается, что регулирующий орган рассмотрит результаты и примет решение о том, может ли предпочтительная площадка быть пригодной для строительства пункта захоронения, а также о том, могут ли запланированные исследования для подтверждения пригодности площадки привести к подаче заявки на получение лицензии.

РУКОВОДЯЩИЕ УКАЗАНИЯ ПО ИССЛЕДОВАНИЮ И ХАРАКТЕРИЗАЦИИ ПЛОЩАДОК И ПОТРЕБНОСТИ В ДАННЫХ

Общие сведения

I.16. В связи с преобладанием факторов и процессов, которые могут быть весьма специфичными для конкретных площадок и интерактивными, могут быть даны только общие руководящие указания по определению

пригодности потенциальных площадок для размещения пункта захоронения. В частности, социально-политические факторы будут сильно зависеть от национальных приоритетов и обстоятельств, и поэтому подробные рекомендации или указания в настоящем Руководстве по безопасности не приводятся.

I.17. Круг тем, рассматриваемых в данном приложении, не выстраивался в порядке приоритетности и не претендует на абсолютную полноту, поскольку значимость различных аспектов для процесса исследования площадок в отдельных случаях может быть разной. Поэтому необходимо, чтобы в процессе выбора площадки применение данных руководящих указаний и разработка любых вспомогательных критериев осуществлялись с учетом долгосрочной безопасности, технической выполнимости и социальных, экономических и экологических соображений. Разработанные таким образом критерии должны быть такими, чтобы технические и институциональные соображения можно было перевести в плоскость практических мер.

I.18. Руководящие указания могут быть полезными в общем процессе принятия решения, но их необязательно следует использовать для установления жестких предварительных условий. Для оценки того, отвечает ли функционирование системы захоронения поставленным целям, система естественных и искусственных барьеров должна рассматриваться как единое целое. При проектировании системы захоронения важна гибкость, и необходимо предусмотреть возможность компенсировать неопределенность в работе одного компонента большей опорой на другой.

I.19. В пунктах I.21–I.52 приведены примеры тех типов информации, которые потребуются при исследовании и характеристике площадок. Эта информация может быть использована для обоснования оценок безопасности, исследований по проектированию пункта захоронения или оценок воздействия на окружающую среду либо для повышения доверия к выбранному варианту захоронения. Как явствует из определения, характеристика площадки начинается с того момента, когда в результате геологических, гидрогеологических и других научных исследований начнут поступать данные о ее характеристиках. Характеристика площадки будет продолжаться как минимум до начала строительства пункта захоронения и может быть продолжена на этапе эксплуатации. На разных этапах процессов выбора площадки и строительства потребности в данных будут варьироваться в зависимости от требуемой детальности и объема. В самом начале, на этапах обследования территории и предварительного

исследования, данные и знания будут оцениваться путем сравнения с различными факторами выбора площадки, которые необходимо учитывать в процессе выбора. Некоторые или все из этих факторов могут приобрести форму конкретных критериев, на основании которых могут быть приняты решения и вынесены суждения о выборе площадки. Нижеследующие пункты не претендуют на полноту описания информационных потребностей и не имеют какого-либо конкретного веса. При определении значимости этих информационных потребностей и применения этой информации следует учитывать имеющиеся варианты, конкретные характеристики площадки и систему регулирования, существующую в каждом государстве. Кроме того, типы информации, указанные в настоящем Руководстве, не должны рассматриваться обособленно, а должны использоваться комплексно в интересах общей оптимизации процесса выбора и подтверждения пригодности площадки.

I.20. Помимо геолого-геофизических и экологических данных, комплексное описание площадки включает в себя дополнительную информацию для обоснования решений по выбору и подтверждению пригодности площадки. Например, определенная роль отводится землепользованию, транспортной инфраструктуре и учету влияния других антропогенных факторов на площадку. Соответственно, здесь также приводятся некоторые общие рекомендации по этим вопросам.

Геологические условия

I.21. Геологические условия на пункте захоронения должны поддаваться общей характеристике и иметь благоприятные геометрические, физические и химические характеристики для размещения пункта захоронения и замедления миграции радионуклидов из пункта захоронения в наземную среду в течение периодов времени, представляющих интерес.

I.22. Глубина залегания и мощность вмещающей породы должны быть достаточными для размещения пункта захоронения. Следует отдавать предпочтение однородным формациям в сравнительно простых геологических условиях, поскольку их легче охарактеризовать, а их свойства, вероятно, будут более предсказуемыми. Аналогичным образом, следует отдавать предпочтение формациям с небольшим количеством основных структурных особенностей или потенциальных путей миграции, влияние которых на функционирование пункта можно без труда оценить. Вместе с тем следует понимать, что по мере проведения исследований

и характеристики кажущиеся простыми среды могут оказаться более сложными, чем предполагалось вначале.

I.23. Механические свойства вмещающей породы должны быть благоприятными для безопасного строительства, эксплуатации и закрытия пункта захоронения, а также для обеспечения долгосрочной стабильности геологического барьера, окружающего пункт захоронения. Для отходов, выделяющих тепло, также необходимо учитывать тепловые и термомеханические свойства вмещающей породы. В зависимости от потенциала образования газа в системе захоронения при оценке пригодности геологического барьера для захоронения следует также учитывать его способность к переносу газа.

I.24. Информация, которая должна быть собрана для формирования надлежащей картины геологических условий, включает в себя региональные и местные структурные и стратиграфические данные о породах, осадочных отложениях и почвах, а также данные об их химических и физических свойствах, в том числе о механических и, при необходимости, тепловых свойствах.

Будущие природные изменения

I.25. Вмещающая порода не должна подвергаться воздействию будущих геодинамических явлений (например, изменения климата, неотектонической, сейсмической, вулканической активности, диапиризма) до такой степени, чтобы это могло недопустимо ухудшить характеристики удержания и изоляции всей системы захоронения.

I.26. Эволюция климата, проявляющаяся в виде ледниковых циклов, может повлечь за собой кардинальные изменения в гидросфере, такие как колебания уровня моря, изменение процессов и скорости эрозии или осадконакопления, изменение ледниковых или перигляциальных условий и вариации поверхностного и подземного гидрологического баланса. Геодинамические эффекты, такие как движение грунта, связанное с землетрясениями, опускание и поднятие суши, вулканизм и диапиризм, также могут вызывать изменения в условиях и процессах в земной коре. Такие типы событий, которые в некоторых случаях могут быть взаимосвязаны, могут повлиять на общую систему захоронения, нарушив целостность площадки или изменив потоки и пути движения подземных вод. На ранней стадии процесса выбора площадки должна быть проведена предварительная оценка предсказуемости и влияния этих явлений для

требуемых периодов времени. Площадка должна быть размещена в таких геологических и географических условиях, в которых эти геодинамические процессы или события вряд ли приведут к недопустимым утечкам радионуклидов.

I.27. Реакция геосферы на изменения в окружающей среде на поверхности имеет тенденцию к уменьшению с глубиной. Необходимо оценить факторы, влияющие на стабильность геосферы. Для обоснования любых оценок необходима следующая информация:

- a) история изменения климата (местная и региональная) и ожидаемые долгосрочные будущие тенденции в региональном и более глобальном масштабе;
- b) история тектонического развития и структурные элементы геологической среды в местном и региональном масштабе и их прошлая сейсмическая активность;
- c) свидетельства активных (четвертичных и, возможно, позднечетвертичных) неотектонических процессов, таких как поднятие, опускание, наклон, образование складок и разрывных нарушений;
- d) присутствие разломов в геологической среде (например, их расположение, протяженность, глубина и информация о времени последних движений);
- e) региональное поле напряжений *in situ*;
- f) оценки характеристик и максимальной интенсивности землетрясения, которое могло бы произойти на площадке, на основе ее сейсмотектонических условий;
- g) оценки геотермального градиента и данные о наличии термальных источников;
- h) свидетельства активного (четвертичного и, возможно, позднечетвертичного) вулканизма;
- i) свидетельства диапиризма;
- j) палеогидрологические данные.

Вышеуказанная информация может быть недоступна на этапе обследования территории. Однако ее следует собирать в рамках программ исследования, характеристики и подтверждения пригодности площадки.

Гидрогеология

I.28. Гидрогеологические характеристики и условия геологической среды должны ограничивать движение подземных вод в пределах пункта

захоронения и способствовать безопасному удержанию и изоляции отходов в течение требуемого времени. Система подземных вод должна быть изучена достаточно хорошо, чтобы удостовериться в том, что любые радионуклиды, которые могут мигрировать из среды пункта захоронения, будут замедлены в своем движении из-за ограниченной гидродинамической связи либо будут рассеяны в геосфере, что обусловит достаточно длительное время движения, снижающее их концентрацию на поверхности.

I.29. Такая оценка механизмов движения подземных вод, а также анализ направления и скорости потока даст важную информацию для оценки безопасности любой площадки, поскольку наиболее вероятным путем утечки радионуклидов является поток подземных вод. Независимо от природы отходов или выбранного варианта захоронения, геологическая среда, способная ограничить поток в направлении пункта захоронения, через него и из него, будет способствовать предотвращению недопустимых утечек радионуклидов. Потенциальными путями утечки радионуклидов являются такие элементы природной среды, как водоносные горизонты или зоны разломов. Во вмещающей породе пункта захоронения таких путей должно быть как можно меньше, чтобы защитные функции систем геологических и инженерных барьеров оставались совместимыми. Важное значение может также иметь разбавляющая способность гидрогеологической системы, и ее следует оценить. Выбор площадки должен быть оптимизирован таким образом, чтобы были созданы условия для долгого и медленного движения подземных вод по пути от пункта захоронения к окружающей среде.

I.30. Следует учитывать, какие последствия для гидрогеологических условий могут иметь процессы, вызванные захоронением радиоактивных отходов (например, тепловые и радиационные эффекты, рост гидравлической проводимости в результате экскавации).

I.31. Необходимые данные, имеющие отношение к гидрогеологии, включают:

- a) гидрогеологическую оценку локальных и региональных геологических единиц и достаточно детальную характеристику и идентификацию водоносных и водоупорных горизонтов;
- b) идентификацию и характеристику важных гидрогеологических единиц в регионе (например, их расположение, протяженность, взаимосвязь);

- c) оценку подпитки основных локальных и региональных гидрогеологических единиц и оттока воды из них (местоположение и водный баланс);
- d) гидрогеологические характеристики вмещающей породы (например, распределение пористости, гидравлическая проводимость, градиенты гидравлического напора);
- e) поток подземных вод (средние скорости и преобладающие направления) во всех гидрогеологических единицах в геологической среде;
- f) физические и химические характеристики подземных вод и вмещающей породы в геологической среде;
- g) исследование палеогидрогеологической эволюции площадки.

Геохимия

I.32. Физико-химические и геохимические характеристики геологической и гидрогеологической среды должны способствовать ограничению утечки радионуклидов из пункта захоронения в доступную среду или как минимум сдерживанию их миграции.

I.33. При геологическом захоронении особенно важен выбор вмещающей породы и окружающей геологической среды, обладающей подходящими геохимическими характеристиками и хорошими свойствами замедления движения долгоживущих радионуклидов. В формации, где происходит движение подземных вод через трещины и поры, замедление минералами как в материнской породе, так и на поверхности трещин может иметь важное значение для обеспечения долгосрочного функционирования системы захоронения. К геохимическим процессам удержания или замедления, которые определяют последующую скорость и объем миграции радионуклидов, относятся такие процессы, как диффузия, осаждение, сорбция, ионный обмен и химические реакции. Способность подземных вод переносить радиоактивные коллоиды может иметь важное значение и также должна быть принята во внимание. Еще одним фактором, который может иметь значение для конкретных площадок, является биогеохимия.

I.34. Информация, необходимая для оценки потенциала миграции радионуклидов в доступную среду, должна включать в себя описание геохимических и гидрохимических условий вмещающей породы и

окружающих геологических и гидрогеологических единиц и их поточных систем. Эта информация должна включать:

- a) минералогический и петрографический состав геологической среды и ее геохимические свойства;
- b) химические параметры подземных вод.

I.35. Необходимо оценить спектр химических и физико-химических взаимодействий между формой отходов, контейнером и материалом засыпки и средой пункта захоронения. Для оценки миграции радионуклидов в доступную среду в результате взаимодействий между породой, водой и контейнером с последующей коррозией контейнера и выщелачиванием радионуклидов из отходов, необходимо собрать информацию о:

- a) химическом, радиохимическом и минералогическом составе пород (включая материалы заполнения трещин);
- b) сорбционной способности минералов и пород для ионных форм важных радионуклидов;
- c) содержании радионуклидов и химическом составе подземных вод, включая pH и Eh;
- d) воздействию радиации и теплоты распада на породу и химический состав подземных вод;
- e) воздействию органических, коллоидных и микробиологических материалов;
- f) поровой структуре и характеристиках минеральной поверхности породы (включая трещины);
- g) эффективной скорости диффузии нуклидов в стратиграфических единицах;
- h) растворимости и формах нахождения радионуклидов.

События, происходящие в результате деятельности человека

I.36. Выбор площадки для пункта захоронения должен осуществляться с учетом фактической и потенциальной деятельности человека на площадке или вблизи нее. Вероятность того, что такая деятельность может повлиять на характеристики удержания и изоляции системы захоронения и вызвать недопустимые последствия, должна быть сведена к минимуму.

I.37. При оценке вмещающей породы для устройства пункта захоронения должны учитываться ценные или потенциально ценные альтернативные формы использования этой вмещающей породы, например для эксплуатации

ресурсов или сооружения резервуаров для хранения. Например, должно быть принято во внимание возможное наличие газовых или нефтяных месторождений и залежей ценных полезных ископаемых, а также любых значительных геотермальных ресурсов, чтобы минимизировать вероятность вмешательства человека в систему геологического захоронения. Следует отдавать предпочтение площадкам в районах с минимальной вероятностью того, что вмещающая порода будет эксплуатироваться для таких целей.

I.38. В том случае, если уже существующие скважины и выработки во вмещающей породе и окружающих породах с фактической или потенциальной гидравлической связью могут повлиять на безопасность, они должны быть идентифицированы. В таких случаях скважины и другие сооружения, которые могут представлять собой потенциальные пути миграции радионуклидов, должны быть герметизированы.

I.39. Необходимо тщательно изучить и оценить характеристики земной поверхности, которые могут привести к затоплению пункта захоронения в результате повреждения существующих или планируемых поверхностных водоемов. При региональном анализе потенциальные площадки могут быть отобраны по принципу наименьшей тяжести последствий затопления. Пункты захоронения, устроенные вблизи склонов, должны оцениваться с учетом возможности разрушения склонов и оползней, которые могут происходить в результате деятельности человека, например вырубки лесов.

I.40. Информация, необходимая для оценки того, как фактическая и потенциальная деятельность человека может повлиять на систему захоронения, включает:

- a) учетную документацию о прошлых и современных буровых и горных работах вблизи площадки;
- b) информацию о присутствии энергетических и минеральных ресурсов на территории вокруг площадки;
- c) оценку фактического и потенциального будущего использования поверхностных и подземных вод на площадке;
- d) местонахождение существующих и планируемых поверхностных водоемов.

Условия для строительных и инженерных работ

I.41. Поверхностные и подземные характеристики площадки должны давать возможность применения оптимизированного плана строительства

наземных сооружений и подземных выработок и сооружения всех выработок с соблюдением соответствующих правил безопасности.

I.42. При строительстве подземных выработок должны быть подготовлены и применены общие стратегии строительства или экскавации, обеспечивающие, чтобы эти выработки соответствовали национальным правилам строительства подземных сооружений и чтобы параллельно ведущиеся работы по экскавации и размещению отходов не мешали друг другу. Работы по экскавации должны вестись таким образом, чтобы не вызывать изменений в окружающей породе, которые могли бы создавать недопустимые пути для преимущественной миграции из пункта захоронения в биосферу. Порода, извлеченная на поверхность при проходке шахт и туннелей и экскавации камер, может быть оценена, например, на предмет использования в качестве засыпчного материала в предполагаемой системе захоронения. Там, где это невозможно, следует подумать об использовании извлеченной породы для ландшафтного дизайна с целью улучшения природной среды. Одним из факторов также может быть близость к соответствующим источникам заполнителей или воды для строительных работ.

I.43. Данные, необходимые для оценки условий для строительных и инженерных работ, включают:

- a) подробные геологические и гидрогеологические данные о вмещающей породе и покрывающих ее пластах;
- b) топографию площадки и прилегающей территории;
- c) историю наводнений в данном районе;
- d) указание участков, подверженных оползням, потенциально неустойчивых склонов или материалов с низкой несущей способностью или высоким потенциалом разжижения;
- e) потенциально неблагоприятные условия, возникающие во время экскавации (высокая температура породы, высокая концентрация газа, высокое отношение напряжения породы к прочности, существующая зона сдвига);
- f) историю сейсмической активности района;
- g) геомеханические и термические свойства вмещающей породы.

Защита окружающей среды

I.44. Площадка должна быть расположена таким образом, чтобы качество окружающей среды было в достаточной степени защищено, а потенциально

неблагоприятное воздействие могло быть уменьшено до приемлемого уровня с учетом технических, экономических, социальных и экологических факторов.

I.45. Пункты геологического захоронения, как и любой другой крупный промышленный объект, должны соответствовать требованиям защиты и сохранения окружающей среды и другим соответствующим правилам нерадиологического характера. Среди возможных негативных последствий функционирования системы геологического захоронения для окружающей среды можно упомянуть следующие:

- a) ухудшение состояния окружающей среды в результате экскавации и других производственных операций на интересующей территории. Оно может включать в себя шумовое или визуальное воздействие или физическое воздействие, например, от отвалов продуктов выщелачивания;
- b) воздействие на территории, представляющие значительную общественную ценность;
- c) деградация коммунальных источников водоснабжения;
- d) воздействие на растительный и животный мир, особенно на виды, находящиеся под угрозой исчезновения.

I.46. Для оценки потенциального воздействия на окружающую среду типы требуемой информации будут соотнесены с потребностями в данных для оценки воздействия на окружающую среду и должны включать в себя следующее:

- a) местонахождение национальных парков, заповедных зон, мест, представляющих особый научный или культурный интерес, и исторических территорий;
- b) существующие ресурсы поверхностных и подземных вод;
- c) существующая наземная и водная растительность и фауна.

Землепользование

I.47. При выборе подходящих площадок должны учитываться вопросы землепользования и землевладения в связи с возможной будущей застройкой и региональным планированием в представляющем интерес районе. В большинстве государств юрисдикция над землей или права собственности на землю будут существенным фактором с точки зрения экономической деятельности и социальной приемлемости. Существующее

право собственности на землю у оператора предполагаемого пункта или у правительства может упростить работу по планировке и оценке площадки и уменьшить проблемы, связанные с изъятием земли из других видов хозяйственного использования. Информация, собранная для нужд выбора площадки, должна включать в себя подробные сведения о существующих земельных ресурсах и юрисдикции над ними, а также планы землепользования на интересующих территориях.

Перевозка отходов

I.48. Для нужд, связанных с выбором площадки, необходимо собрать информацию об: а) альтернативных видах транспорта и инфраструктуре для обеспечения перевозок отходов, б) альтернативных транспортных маршрутах и с) плотности населения в районах вдоль предполагаемых транспортных маршрутов.

I.49. Перевозка радиоактивных отходов на пункт геологического захоронения связана с возможностью облучения населения ионизирующим излучением. Вероятность облучения может возрастать с увеличением расстояния, на которое перевозятся отходы. Проблема перевозки отходов на пункт захоронения может быть одним из факторов при получении согласия общественности на данное место размещения пункта захоронения.

I.50. В некоторых случаях будет необходимо построить новые подъездные пути или улучшить существующие. Подъездные пути сложнее и дороже строить в местах с неподходящим рельефом, например с большими перепадами высот и естественными препятствиями. По этим причинам предпочтение может быть отдано площадкам, требующим перевозок на меньшие расстояния и ограниченного объема дополнительных строительных работ, где подъездные пути не должны пролегать по труднопроходимой местности. Однако благодаря полному или частичному строительству новых дорог или другой транспортной инфраструктуры оператор может оптимизировать транспортную сеть, например обойти населенные или чувствительные зоны или содействовать организации транспортного сообщения для местного населения.

Социальное воздействие

I.51. Как и любая другая крупная промышленная деятельность, строительные и наземные работы, такие как прием и обработка контейнеров с отходами, дезактивация и, при необходимости, переупаковка, не должны

вестись в густонаселенных районах. С другой стороны, площадка должна быть расположена в районе, способном выдержать связанные с проектом колебания численности населения и рост спроса на необходимые услуги, включая услуги строителей и эксплуатационного персонала, жилье, общепития и рестораны, сервисную инфраструктуру и действующие общественные и культурные организации. В целом следует отдавать предпочтение площадкам, расположенным вдали от густонаселенных районов, но способным выдержать предполагаемые изменения в инфраструктуре и имеющим свободную рабочую силу.

I.52. Для оценки социального воздействия, которое может иметь создание системы захоронения на той или иной площадке, должна быть собрана информация следующих типов:

- a) состав, плотность, распределение населения и демографические тенденции;
- b) распределение занятости и тенденции в экономическом секторе;
- c) коммунальные услуги и инфраструктура, включая рекреационные объекты;
- d) спрос и предложение в области жилья;
- e) основа промышленности региона и ожидания в этой связи;
- f) основа сельского хозяйства региона и ожидания в этой связи.

Приложение II

ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ ПОСЛЕ ЗАКРЫТИЯ

ВВЕДЕНИЕ

II.1. Оценка безопасности — это процедура оценки функционирования системы захоронения и, в качестве одной из важных задач, ее потенциальных радиологических последствий для здоровья человека и окружающей среды. Потенциальные радиологические последствия после закрытия пункта захоронения могут быть результатом постепенных процессов, таких как деградация барьеров, а также одновременных событий, которые могут негативно повлиять на удержание и изоляцию отходов. Вероятность непреднамеренного вмешательства человека можно рассматривать как ничтожно малую, пока активные меры ведомственного контроля считаются полностью эффективными, однако впоследствии она может возрасти. Техническая приемлемость пункта захоронения будет в значительной степени зависеть от размещаемых отходов, конструктивных особенностей пункта захоронения и пригодности площадки. О ней следует судить по результатам оценок безопасности, которые должны давать разумные гарантии того, что пункт захоронения будет соответствовать проектным целям, стандартам эффективности и критериям регулирования. Они указаны в требованиях безопасности [1] и более подробно описаны в настоящем Руководстве по безопасности. Многие концепции, представленные в данном приложении, взяты из руководства по безопасности «Оценка безопасности приповерхностного захоронения радиоактивных отходов» [28]. Несмотря на очевидные различия между приповерхностным захоронением и глубоким геологическим захоронением, многие принципы подготовки оценок безопасности весьма схожи. Например, многие элементы подходов к оценке безопасности, описанные в программе координированных исследований МАГАТЭ «Усовершенствование методологий оценки безопасности применительно к установкам для приповерхностного захоронения радиоактивных отходов», с незначительными изменениями адаптированы для использования в программах геологического захоронения [29, 30].

II.2. В данном приложении обобщены важные соображения по оценке безопасности пункта захоронения и рекомендованы шаги, которые необходимо предпринять при проведении оценки безопасности после закрытия. Эксплуатационная деятельность на пункте геологического захоронения рассматривается только с точки зрения ее потенциального

воздействия на безопасность после закрытия. Хотя радиоактивные отходы могут содержать потенциально опасные нерадиоактивные компоненты, в данном приложении сознательно идет речь только о радиологической опасности, связанной с отходами. Тем не менее большая часть информации для выполнения оценок безопасности при утечках радиоактивных материалов в окружающую среду будет применима и к утечкам многих типов нерадиологических загрязнителей.

ОБЩИЕ СООБРАЖЕНИЯ В ОТНОШЕНИИ ОЦЕНКИ БЕЗОПАСНОСТИ

Проблемы безопасности

П.3. На этапе после закрытия пунктов геологического захоронения основной проблемой безопасности является возможность радиационного облучения и воздействия на окружающую среду в отдаленном будущем. Можно предположить, что некоторые эффекты возникают, например, в результате постепенного вымывания радионуклидов в подземные воды и последующей миграции через природную среду и передачи человеку. Поэтому при оценке может потребоваться спрогнозировать поведение площадки и пункта в течение периодов времени, исчисляемых тысячами лет, а, возможно, и более длительных. Таким образом, в оценках после закрытия учитываются конкретные события, которые происходят очень редко (например, раз в тысячу лет), но могут повлечь за собой серьезные последствия, такие как крупные сейсмические явления и изменение климата. Целью оценок после закрытия является получение разумных гарантий того, что система захоронения обеспечит достаточный уровень безопасности, а не сколько-нибудь конкретное прогнозирование ее будущего функционирования.

П.4. Одной из ключевых проблем при оценках безопасности пункта захоронения является обеспечение доверия к результатам моделирования. Концептуальная модель пункта захоронения — это описание его общих элементов и их подробных характеристик. Среди наиболее важных элементов — те, которые определяют относительную значимость возможных путей миграции радионуклидов. Описание конкретного набора элементов, событий и процессов, используемое для того, чтобы отобразить изменение характеристик пункта захоронения с течением времени, называется сценарием. Сценарии могут включать постепенные процессы (например, коррозию упаковки отходов, перенос радионуклидов в подземных водах)

и единовременные события (например, повреждение упаковки отходов в результате сейсмической активности). Оценка безопасности пункта захоронения должна быть робастной, т.е. устойчивой к неопределенностям. Результаты оценки, включая выявление неопределенностей, должны быть сопоставлены с проектными целями и критериями регулирования, и при этом должны быть учтены другие цепочки рассуждений и соображения, способствующие обеспечению приемлемости пункта захоронения.

Формы использования оценок безопасности

II.5. На разных этапах создания пункта захоронения оценки безопасности служат разным целям. На ранней стадии оценки безопасности должны использоваться для определения практической осуществимости основных концепций захоронения, задания направления исследованиям площадки и оказания помощи в принятии первоначальных решений. Их использование приобретает большее значение на этапах, следующих за разработкой первоначальной концепции и выбором площадки. На этих этапах такие оценки должны выполняться для содействия оптимизации систем и проектированию пункта путем проведения сравнительных оценок различных элементов, таких как альтернативные конструкции упаковок отходов и меры по закрытию. Периодически оценки безопасности должны проводиться на протяжении всего процесса планирования, строительства и эксплуатации пункта захоронения и перед его закрытием и использоваться для разработки и постепенной актуализации обоснования безопасности. Обоснование безопасности после закрытия представляет собой собранные воедино доказательства, результаты анализов и аргументы, которые при помощи цифр обосновывают утверждение о том, что пункт захоронения будет безопасным после закрытия и по истечении периода, когда можно будет рассчитывать на активный контроль над пунктом (см. раздел 5 и [11]).

II.6. Полнота и робастность оценки безопасности будет, в свою очередь, зависеть от объема и качества данных, под которыми подразумевается вся соответствующая информация о характеристиках отходов, характеристиках площадки, эффективности упаковок отходов, а также функционировании и эффективности других инженерных барьеров. В этой связи необходима тесная координация оценки безопасности с дополнительными программами сбора данных, причем оценка безопасности является ценным средством выбора и определения очередности дополнительных исследований и разработок.

II.7. Основная функция оценки безопасности связана с процессом подачи и утверждения заявки на получение лицензии. Это включает в себя как радиологические, так и экологические аспекты. Такие оценки безопасности для целей регулирования могут потребоваться на различных этапах процесса лицензирования, включая получение разрешения на строительство, эксплуатацию и закрытие пункта захоронения, а также всякий раз, когда в состоянии пункта захоронения происходят значительные изменения. Поэтому оценка безопасности должна выполняться и актуализироваться на всех соответствующих этапах создания пункта захоронения при помощи надлежащих моделей и данных.

II.8. Результаты оценок безопасности являются важным средством подтверждения приемлемости объемов отходов и одним из способов разработки требований приемлемости отходов для пункта захоронения. Приемлемые формы и упаковки отходов обычно зависят от анализа сценариев утечки радионуклидов в окружающую среду и их переноса по путям миграции в окружающей среде. Хотя при геологическом захоронении главное внимание уделяется захоронению больших объемов долгоживущих радионуклидов, большие количества короткоживущих радионуклидов высокого уровня активности, часто присутствующие в отходах, могут создать проблемы безопасности после закрытия в связи с выделением тепла. Кроме того, оценки безопасности должны также использоваться для определения уровней содержания в отходах химических веществ, которые могут вызвать деградацию инженерных барьеров или повысить растворимость радионуклидов.

II.9. Оценка безопасности и соответствующие условия лицензии в значительной степени определяют некоторые основные меры контроля и требования к пункту захоронения. Например, при установлении требований приемлемости отходов для пункта захоронения оценка безопасности может использоваться для определения требований к упаковкам отходов — как для отдельных упаковок, так и для пункта в целом. Оценка безопасности также должна использоваться при оценке потенциальных путей облучения и при разработке и пересмотре программы мониторинга окружающей среды на площадке и прилегающей территории. Оценка безопасности должна быть основана на проекте(ах), фактически используемом(ых) или предлагаемом(ых) для пункта захоронения, включая планы закрытия.

РУКОВОДЯЩИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОЦЕНКЕ БЕЗОПАСНОСТИ

Общие сведения

II.10. Оценка безопасности требует подготовки как качественных, так и количественных аргументов, в зависимости от результатов характеристики площадки, характеристик отходов, проектных данных и математического моделирования. Результаты оценок, в свою очередь, подготавливают необходимую почву для принятия решений на всех этапах создания пунктов захоронения. Предположения и суждения, на которых базируется оценка безопасности, должны быть основательными и легко доводиться до сведения широкого круга заинтересованных сторон в целях обеспечения доверия к результатам оценки безопасности.

II.11. Процесс оценки безопасности должен включать в себя предварительные расчеты для оценки робастности предложенной концептуальной модели (с точки зрения ее потенциала для выполнения регулирующих требований) и акцентирования внимания на соответствующих радионуклидах, путях и механизмах миграции, в отношении которых требуются дополнительные знания. Предварительные расчеты часто основываются на ограниченных данных, например на результатах изучения литературы, спецификациях материалов, лабораторных исследованиях и изучении природных аналогов, предварительных исследованиях на площадке и характеристике отходов. Сбор данных будет продолжаться на протяжении всего поэтапного процесса до тех пор, пока пункт захоронения не будет одобрен или изученная концепция не будет признана неприемлемой.

II.12. В процессе оценки безопасности должны быть определены соответствующие сценарии [16, 31]. Определение значимости каждого сценария для оценки пункта захоронения может потребовать проведения вспомогательных исследований и сбора дополнительных данных, а также дальнейших итераций процесса оценки безопасности. Такие исследования и анализы могут быть также полезны для снижения уровня неопределенности при попытках количественной оценки событий и явлений, приводящих к утечке и переносу радионуклидов. Даже если оценки безопасности и робастные, т.е. опираются, к примеру, на ясно определенные консервативные предположения и утверждены в качестве таковых регулирующим органом, долгосрочным прогнозам неизбежно свойственна неопределенность.

Итеративный подход к оценке безопасности

П.13. На рис. 3 приведена схема, иллюстрирующая итеративный подход к оценке безопасности. Этот подход предполагает следующие виды деятельности, которые обычно чередуются и/или накладываются друг на друга:

- a) определение целей оценки, требований безопасности и критериев эффективности;
- b) сбор информации и описание системы захоронения, включая форму отходов, характеристики площадки и инженерные сооружения;
- c) определение характеристик, событий и процессов, которые могут повлиять на эффективность долгосрочного функционирования;
- d) разработку и тестирование концептуальных и математических моделей поведения системы и ее компонентов;
- e) определение и описание соответствующих сценариев;
- f) определение путей, потенциально ведущих к переносу радионуклидов из пункта захоронения к человеку и в окружающую среду;
- g) проведение оценки при помощи концептуального и математического моделирования;
- h) определение робастности оценки;
- i) сравнение результатов оценки с установленными требованиями безопасности;
- j) дополнительные соображения.

П.14. Для характеристики системы и описания путей миграции необходимо получить соответствующие данные путем проведения натуральных и лабораторных экспериментов. Анализ сценариев требует выявления и определения явлений, которые могут вызвать или усилить миграцию радионуклидов из пункта захоронения и привести к облучению людей. В ходе итеративного процесса оценки безопасности может потребоваться сбор дополнительных данных, сосредоточенный на параметрах, определенных как важные для безопасности пункта захоронения.

Определение целей

П.15. Оценка безопасности играет центральную роль в создании пункта захоронения и может использоваться для различных нужд. Поскольку эти различные формы использования могут требовать анализа с разными уровнями детальности и подразумевать разные потребности в данных или представление результатов разным заинтересованным сторонам, таким как

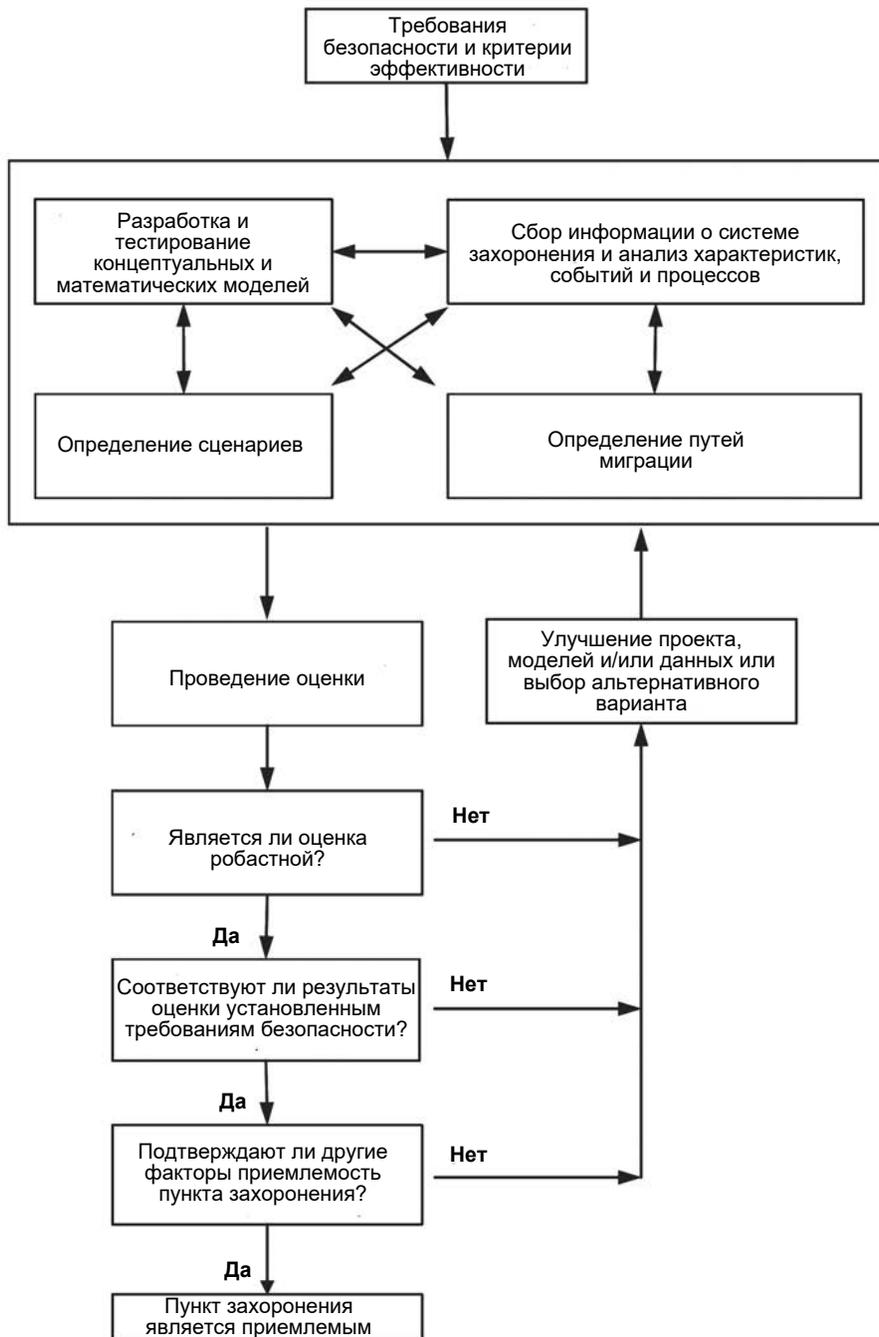


РИС. 3. Пример итеративного подхода к оценке безопасности.

технические специалисты и неспециалисты, цель оценки безопасности должна быть ясно определена исходя из конкретного применения.

П.16. Одним из результатов оценок являются численные результаты, используемые для сравнения прогнозируемых показателей функционирования системы с установленными критериями. Это требует надлежащей идентификации и тщательного изучения, на основе соответствующих данных, всех существенных характеристик, событий и процессов. Понять поведение системы захоронения и ее взаимодействие с окружающей средой помогает разработка набора моделей. Для количественных оценок необходимо математическое моделирование с использованием компьютерных кодов. Модели до некоторой степени упрощаются — в зависимости от цели, для которой разрабатывалась модель. Необходимый уровень сложности модели должен быть тщательно продуман с учетом того факта, что самая сложная и детальная модель — это необязательно лучшая модель для достижения данной конкретной цели.

ПОТРЕБНОСТИ В ДАННЫХ ДЛЯ ОЦЕНКИ БЕЗОПАСНОСТИ

П.17. Количество и качество необходимых данных будет зависеть от цели оценки. Для предварительных оценок, вероятно, потребуются только простые модели, основанные на легкодоступных данных. Результаты будут, как правило, использоваться только как ориентир для будущих исследований. В этом случае требуется лишь ограниченный объем знаний о неопределенностях, связанных с результатами. Завершая этапы проектирования и лицензирования пункта захоронения, оператор должен подкрепить заявку оценкой, основанной на данных достаточного объема и гарантированного качества, описывающих площадку, проект и характеристики отходов. Хотя системы управления сбором данных должны быть созданы (и применяться) на возможно более раннем этапе процесса, следует признать, что данные в таком же количестве и такого же качества могут и не потребоваться на ранних стадиях проектирования и на предварительных стадиях создания пункта захоронения. Оператор должен тщательно спланировать программу сбора данных, чтобы поставленные цели были достигнуты с наименьшими затратами.

II.18. Потребуется данные из ряда источников, уровни детальности и неопределенности которых зависят от цели конкретной оценки безопасности. Как правило, требуются данные о следующем:

- a) характеристики отходов (радионуклидный состав и его изменение во времени; общий объем; физические, химические и тепловые характеристики; параметры массопереноса в условиях захоронения);
- b) характеристики контейнера (механические и химические характеристики в условиях захоронения);
- c) характеристики пункта захоронения (размеры, материал засыпки/буферный материал, строительный материал, инженерные особенности);
- d) характеристики площадки (геология, гидрогеология, геохимические свойства, климатические условия);
- e) характеристики биосферы (естественная среда обитания, атмосферные условия, условия водной среды);
- f) демографические и социально-экономические характеристики (землепользование, пищевые привычки, распределение населения).

II.19. Потребности в данных для предварительного исследования и скрининга на ранних этапах обычно удовлетворяются посредством поиска информации в литературе, сбора спецификаций материалов и весьма ограниченных исследований по конкретной площадке или проекту. Эти данные могут быть использованы для проведения предварительного анализа и составления предварительных проектов. На основе этих данных будет разработана первоначальная концептуальная модель(и) пункта захоронения. На этом этапе может быть проведена предварительная оценка безопасности для проверки того, насколько адекватно может работать система. Поскольку на этом этапе оценки безопасности в наличии обычно имеется лишь небольшой объем не слишком подробных данных, имеет смысл использовать простые модели.

II.20. Деятельность по сбору данных должна быть направлена на удовлетворение потребностей в данных, установленных на основе концептуального проекта, текущих знаний о площадке и результатов предварительной оценки безопасности пункта захоронения. На основе предварительного проекта, имеющейся информации о характеристиках площадки и предварительной оценки можно начать определять объем детальных данных, необходимых для того, чтобы заложить основу гарантии безопасности в соответствии с регулирующими требованиями. В программе сбора данных должны быть установлены прямые связи между оценкой

безопасности и сбором данных о характеристиках площадки. Например, если в прогнозах переноса подземных вод определенную роль играет трещиноватость породы, могут потребоваться соответствующие детальные данные о системе трещин, такие как водопроницаемость, связность и ориентация.

Данные предэксплуатационного мониторинга

П.21. Для площадки должны быть определены условия внешней среды в качестве отправной точки для оценки эффективности во время эксплуатации и для любой программы мониторинга. Фоновые измерения обычно проводятся для радионуклидов и для некоторых других «индикаторных» параметров. Они могут включать в себя данные, относящиеся к поверхностной и подповерхностной гидрологии или химии подземных вод. Данные предэксплуатационного мониторинга могут служить эталоном, по которому можно тестировать модели.

П.22. Параметры площадки, которые, как ожидается, будут изменяться со временем, например параметры, используемые для калибровки моделей гидрологического потока или моделей атмосферного переноса, применяемых для оценки безопасности, должны замеряться через определенные интервалы, позволяющие оценить их изменчивость. Для некоторых параметров может быть важно оценить крайние точки диапазона изменений. Ввиду длительности периода эксплуатации пунктов геологического захоронения следует планировать продолжение измерений изменяющихся во времени параметров на протяжении всего этого периода, когда это целесообразно, для повышения надежности имеющейся информации.

Данные эксплуатационного мониторинга и мониторинга после закрытия

П.23. Данные эксплуатационного мониторинга могут указывать на отличия от прогнозируемых или предполагаемых условий. Причины этих отличий должны быть выявлены и использованы для лучшего понимания того, как функционирует система. В тех случаях, когда наблюдаются значительные отклонения от прогнозируемых условий, может потребоваться новая оценка безопасности для подтверждения того, что критерии регулирования по-прежнему выполняются.

II.24. Мониторинг после закрытия, если он проводится, должен использоваться для подтверждения отсутствия недопустимого радиологического воздействия и обеспечения дополнительных гарантий штатного функционирования барьеров системы захоронения. Например, мониторинг химического состава подземных вод может проводиться для проверки скорости коррозии упаковок отходов. Однако национальные программы, как правило, не предусматривают использование данных мониторинга после закрытия для получения подтверждающих данных ввиду длительного периода времени в ходе создания пункта захоронения, в течение которого будут собираться данные для подтверждения поведения системы, и очень длительных отрезков времени (например, тысячи лет и более), в течение которых прогнозируются будущие утечки в биосферу.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СИСТЕМЫ

II.25. Оценка безопасности пункта захоронения базируется на междисциплинарном подходе к определению системы и на систематическом анализе возможных наборов событий и процессов, которые могут повлиять на функционирование системы захоронения [16]. Описание пункта захоронения требует наличия информации о характеристиках отходов, конструкции пункта захоронения и свойствах площадки и служит основой для разработки концептуальной модели системы захоронения отходов, сценариев ее возможного поведения и оценки потенциальных путей миграции радионуклидов.

Разработка концептуальной модели

II.26. Конечной целью разработки концептуальной модели является создание основы для вынесения суждений о поведении всей системы захоронения. Если возможно, модель должна быть достаточно подробной для того, чтобы можно было разработать математические модели для описания поведения системы и ее компонентов с целью оценки функционирования системы с течением времени. На разных этапах, по мере проведения итеративной оценки безопасности, которая в конечном итоге приведет к принятию решения о лицензировании, потребуются разные уровни детальности. Модель должна быть максимально простой, но содержать достаточно деталей для адекватного отображения поведения системы с целью обеспечить соблюдение требований безопасности.

II.27. Разработка концептуальной модели должна включать этапы, описанные ниже.

- a) *Идентификация и характеристика отходов с точки зрения общего объема, формы и упаковки.* Эта информация должна быть достаточно подробной для адекватного моделирования утечки радионуклидов, т.е. параметров источника выброса. Информация должна послужить как минимум основой для обоснования простой модели утечки, например на базе предположения, что скорость утечки постоянна или что каждый год происходит утечка некоей фиксированной доли радионуклидов. Концептуальная модель параметров источника выброса может уточняться итеративным путем по мере получения новой информации об отходах и пункте захоронения.
- b) *Характеристика площадки для захоронения по необходимым параметрам, включая геологию, гидрогеологию, геохимию, тектонику и сейсмичность, вулканическую активность, поверхностные процессы, метеорологию, экологию и распределение местного населения и формы его социально-экономической деятельности.* Эта информация о площадке необходима для определения путей миграции и объектов воздействия и, таким образом, для разработки концептуальной физической, химической и биологической модели площадки.
- c) *Уточнение конструкции пункта.* Перед началом оценки необходимо уточнить конструкцию с точки зрения используемого материала и компонентов системы. Изменения в конструкции — внесенные по итогам оценки безопасности или иным образом — могут потребовать актуализации оценки безопасности.
- d) *Расширение знаний о площадке.* Это может означать, что существуют и должны быть рассмотрены одна или несколько допустимых альтернативных концептуальных моделей. Если альтернативные модели были рассмотрены и отклонены, причины этого должны быть четко задокументированы и при необходимости указаны в оценке безопасности.

Разработка математической модели

II.28. Разработка математической модели на основе концептуальной модели — это важный этап, на котором концептуальная модель выражается количественно через математические уравнения в расчетной модели. Для разработки таких моделей используются общепринятые процедуры, и в ключевых областях были разработаны прогнозные математические модели,

различающиеся как по уровню детальности, так и по сложности. Они должны использоваться для описания отдельных процессов, подсистем и общего функционирования системы. При переходе от концептуальных моделей к математическим и, наконец, к их практической реализации с использованием методов расчета могут возникать ошибки из-за упрощений, аппроксимации, погрешностей, предположений, положенных в основу моделирования, или используемых математических подходов. Таким образом, модели, используемые при оценке функционирования, должны проверяться и актуализироваться не только на основе сравнения их результатов с эмпирическими данными, но и в процессе их разработки на основе независимой экспертизы, межкодовых сравнений, сравнений с другими оценками функционирования, результатов экспериментов, проведенных для проверки конкретных аспектов концептуальных и численных моделей, и сравнений со случаями, для которых существуют аналитические решения.

Анализ характеристик, событий и процессов

П.29. Систематическое изучение фактических и потенциальных характеристик, событий и процессов должно использоваться для выявления факторов, которые могут повлиять на долгосрочную безопасность пункта захоронения и тем самым помочь в разработке соответствующей модели оценки безопасности [15]. Модель оценки безопасности может быть построена на основе анализа сценариев либо при помощи какого-либо альтернативного метода, например выборки параметрического пространства.

П.30. Первым шагом в определении того, какие из многочисленных явлений имеют отношение к оценке безопасности, должно стать составление контрольного списка. Недавно информация о характеристиках, событиях и процессах была собрана воедино на международном уровне рабочими группами Агентства по ядерной энергии ОЭСР [16]. При составлении подходящего списка сценариев следует учитывать события и процессы природного происхождения, а также процессы, связанные с самими отходами или особенностями данного пункта захоронения.

Анализ сценариев

П.31. Сценарии зависят от характеристик окружающей среды и пункта захоронения, а также от событий и процессов, которые могут либо вызвать первоначальную утечку радионуклидов из отходов, либо

повлиять на их миграцию и перенос к человеку и в окружающую среду. Выбор соответствующих сценариев и связанных с ними концептуальных моделей должен стать предметом особого внимания как оператора, так и регулирующего органа, поскольку он может сильно повлиять на последующий анализ пункта захоронения. В одних государствах сценарии определяются регулирующим органом, хотя оператор может также пожелать рассмотреть и другие. В других государствах сценарии может выбрать оператор, но он обязан обосновать свой выбор регулирующему органу.

П.32. Сценарии нормальной эволюции обычно основаны на экстраполяции существующих условий на будущее и включают изменения, которые, как ожидается, произойдут с течением времени. Поскольку возможен ряд вариантов развития событий, следует разработать набор сценариев нормальной эволюции, чтобы заложить разумную основу для предполагаемой эволюции пункта захоронения. События, вероятность наступления которых ниже, могут повлечь за собой значительные пертурбации в системе и потребовать разработки альтернативных сценариев. Некоторые из этих сценариев можно составить, используя те же модели, но с измененными параметрами. Другие сценарии могут потребовать новых моделей. Предполагаемый проект, вероятно, будет основан на сценарии нормальной эволюции, но может потребовать модификации с учетом результатов оценки, основанной на других, менее вероятных сценариях.

П.33. Необходимо рассмотреть и задокументировать целый ряд сценариев, чтобы сформировать как можно более полное представление о системе. Однако при наличии нескольких вариантов для детальной оценки должны быть выбраны те сценарии, вероятность реализации которых наиболее высока, либо те, вероятность реализации которых относительно мала, но которые могут иметь серьезные последствия. Выбор сценариев для детальной оценки должен быть четко обоснован в документации по оценке безопасности, и при необходимости это обоснование должно быть подкреплено доказательствами. Этот выбор делается для того, чтобы эффективно использовать результаты проделанной большой работы по оценке и гарантировать, что проект пункта захоронения будет разработан с учетом интересов защиты здоровья человека и окружающей среды.

П.34. Результатом разработки сценариев должно стать систематическое сосредоточение оценки безопасности на важных условиях и явлениях, относящихся к функционированию пункта захоронения. Для концентрации внимания на важных сценариях могут быть использованы экспертная оценка, анализ дерева отказов и событий, диаграммы влияния процессов и

другие методы [29]. Процесс, вынесенные суждения и учтенные факторы должны быть задокументированы.

Определение путей миграции

П.35. Из всего круга потенциальных путей миграции должны быть выбраны важнейшие пути миграции радиоактивного материала из пункта захоронения в окружающую среду как в ненарушенных (нормальных) условиях, так и в нарушенных (ненормальных) условиях. Как показывает опыт, в ненарушенных условиях функционирования пункта захоронения будут, вероятно, иметь значение лишь несколько путей миграции. Они включают в себя перенос с подземными водами, почву, наземные растения, наземных животных, поверхностные воды, водных животных и газообразные пути. При функционировании в нарушенных условиях (например, при сценарии вмешательства человека) главным дополнением к этому списку будет, скорее всего, взвешенный радиоактивный материал и прямое облучение.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДСТВИЙ

Расчеты модели

П.36. После определения всех соответствующих сценариев и путей миграции к человеку следующим этапом в процессе оценки безопасности является анализ последствий. Он предполагает разработку и применение моделей переноса и облучения для оценки потенциального воздействия утечек из пункта захоронения на человека и окружающую среду.

П.37. Весьма полезным может оказаться использование модульного системного подхода для моделирования потенциальной утечки и переноса радионуклидов к человеку через выбранные пути миграции в природной среде. Это обеспечит доступность отдельных подмоделей для инспектирования, которое поможет понять, как были определены расчетные дозы. Модель может состоять из следующих дискретных подмоделей: поток подземных вод к пункту захоронения, деградация упаковок отходов, перенос в ближней зоне в пределах мест захоронения и рядом с ними, перенос с подземными водами, перенос с поверхностными водами, атмосферный перенос, поглощение растениями и животными и доза для человека. Модульный подход также обеспечивает гибкость и концентрацию усилий на тех частях системы, которые требуют сложного моделирования

для обеспечения приемлемости результатов с технической точки зрения. Такой подход может иметь большие преимущества при использовании сложных моделей для обеспечения дополнительных гарантий того, что пункт захоронения будет работать приемлемым образом.

П.38. Используемые в моделях параметры источника выброса должны быть репрезентативными для потенциальных утечек радионуклидов из различных форм отходов при определенном диапазоне условий окружающей среды, и следует принимать во внимание деградацию инженерных барьеров, таких как контейнеры для отходов и засыпочный материал. На раннем этапе модели будут, скорее всего, простыми, но по мере улучшения понимания того, как функционирует система, может возникнуть необходимость использования более детальных моделей для адекватного отображения системы. Вместе с тем модели должны быть достаточно простыми, чтобы быть совместимыми и соизмеримыми с имеющимися данными. Здесь следует прибегнуть к экспертной оценке, чтобы обеспечить надлежащий баланс между использованием простых моделей и существующих данных и использованием более детальных моделей, для которых могут потребоваться некоторые данные, не являющиеся легкодоступными. Это не исключает использования более сложных моделей некоторых частей системы для улучшения понимания соответствующих явлений. Примерами таких сложных моделей являются численные модели подземных вод или модели геохимического состава для оценки гидрологических граничных условий и изменчивости химического состава подземных вод во времени, если физические характеристики или данные мониторинга подземных вод указывают на необходимость изучения изменений в системе на более сложном уровне.

П.39. Моделирование оценки безопасности с самого начала должно отличаться разумным консерватизмом, способным выдержать научную проверку. Простой подход к моделированию, вероятно, будет более эффективным, понятным и обоснованным. Предположения должны быть сформулированы на основе имеющихся данных и знаний о системе или аналогичных системах и выбраны таким образом, чтобы не привести к недооценке утечки и переноса радионуклидов. Поскольку признание результатов может быть самым сложным аспектом оценки, любой способ облегчить это признание принесет пользу в долгосрочной перспективе. Подход, сочетающий в себе простоту, консерватизм и реализм, будет, вероятно, наилучшей отправной точкой для оценки.

П.40. Выбранная модель должна соответствовать цели оценки, быть простой в использовании (учитывая сложность системы) и давать возможность для получения данных. Модель должна быть подходящей для применения, точность алгоритмов должна быть очевидной, предположения — разумными, а исходные данные — репрезентативными.

П.41. Выбранный подход к моделированию должен быть полностью и четко задокументирован вместе с вопросами, рассмотренными при его разработке. Документация должна позволять отследить все предположения и решения, принятые во время разработки и применения подхода к моделированию. В ней должны, среди прочего, указываться причины отказа от всех альтернативных моделей, рассмотренных в процессе разработки подхода к моделированию.

Источники неопределенности

П.42. Результаты оценки безопасности должны рассматриваться на предмет наличия неопределенностей в исходных данных моделей, предположениях в разных частях моделей, предположениях относительно взаимодействия между отдельными частями общей модели, а также неопределенностей, касающихся долгосрочной эволюции систем захоронения. Все эти неопределенности должны быть исследованы посредством анализа чувствительности и анализа неопределенности, дополненных другими средствами обеспечения уверенности и, при необходимости, экспертными оценками.

П.43. Неопределенность присуща любой оценке безопасности. Анализ чувствительности и анализ неопределенности имеют важную цель — углубить понимание и по возможности уменьшить неопределенность некоторых результатов оценки безопасности путем концентрации внимания на лучшем определении тех параметров, которые в наибольшей степени влияют на результаты и их неопределенность. Анализ чувствительности и анализ неопределенности тесно связаны между собой. Анализ чувствительности следует использовать для определения тех параметров, компонентов системы или процессов, которые оказывают значительное влияние на прогнозируемое функционирование пункта захоронения. Выявление чувствительных компонентов концептуальной модели и важных сценариев обычно производится путем систематической вариации параметров. Каждый сценарий может потребовать собственного распределения параметров. Часто при исследовании поведения системы в условиях неопределенности используются граничные значения для

ожидаемого случая. Для изучения всего диапазона ожидаемой вариации параметров могут также использоваться статистические методы [32].

П.44. Вообще говоря, при оценке безопасности следует учитывать два главных источника неопределенности. Один из них — это та степень, в которой модель отображает реальную систему. Эта неопределенность связана с исходными данными модели, которые представляют собой описание системы захоронения, характеристик площадки, конструктивных особенностей пункта захоронения и их взаимодействия с окружающей средой, а также с самим процессом моделирования. Другой источник неопределенности связан с непредсказуемостью эволюции пункта и окружающей его среды в течение длительных периодов времени. На каждую из этих неопределенностей в той или иной степени влияет изменчивость системы захоронения и ограниченность знаний о том, как будет функционировать эта система.

П.45. Первый источник неопределенности должен быть уменьшен путем улучшения качества данных о характеристиках площадки и отходах, деталей проекта пункта, концептуальной модели и выбора сценария. Цель должна состоять в том, чтобы оценить эту неопределенность и уменьшить ее до уровня, считающегося приемлемым либо доказавшего свою несущественность в контексте функционирования пункта захоронения. Второй источник неопределенности следует изучить для того, чтобы понять потенциальные изменения в функционировании пункта захоронения вследствие наступления потенциально деструктивных событий в будущем. Результаты такого изучения могут дать разумную гарантию того, что система захоронения будет безопасной, даже если результаты моделирования окажутся неопределенными. Таким образом, основное значение анализа чувствительности и анализа неопределенности для принятия решений регулирующим органом заключается в том, что они используются как инструменты для оценки соблюдения требований безопасности в условиях неопределенности. Логично предположить, что если соблюдение норм безопасности может быть продемонстрировано каким-либо иным способом, например с помощью явно консервативной модели, то анализ неопределенности может и не потребоваться.

П.46. Основным источником неопределенности при разработке сценариев связан с вероятностью упустить из виду важный сценарий. В этой связи может помочь независимая экспертиза выбранных сценариев, которая должна использоваться для уменьшения такой неопределенности.

II.47. Аналогичным образом, неопределенность при разработке концептуальных и численных моделей площадки должна быть оценена посредством независимой экспертизы. Общая тенденция состоит в использовании простых моделей для простоты объяснений и эффективности вычислений. Неопределенность, связанная с упрощениями, которые делаются при построении концептуальных и численных моделей, часто может быть выявлена путем дополнительного изучения моделей и сбора данных. Опять же, более глубокому пониманию того, как функционирует система, может способствовать модульный подход и тщательный анализ промежуточных результатов вычислений. Это, в свою очередь, может привести к общему снижению уровня неопределенности модели.

II.48. Неопределенность закономерно возникает при попытке спрогнозировать будущие события. Некоторыми из этих неопределенностей можно пренебречь после тщательного изучения экстремальных или граничных сценариев или результатов вероятностных оценок, но только если они оказывают мало влияния на функционирование системы захоронения. Другие неопределенности, особенно те, которые связаны с действиями человека, продиктованными будущими социально-экономическими условиями, или с серьезными изменениями климатических условий в отдаленном будущем, не столь хорошо поддаются строгому количественному прогнозированию. В таких обстоятельствах, чтобы понять потенциальное воздействие на пункт захоронения, можно провести стилизованные расчеты. Оценка безопасности основывается на концептуальной модели, главная цель которой — заложить основу для дальнейшего анализа. При построении подходящих математических моделей и при наличии данных оценка может быть количественной. Если таковых не имеется, следует провести качественную оценку. Это не обесценивает процесс оценки, но делает его более зависимым от качественных суждений экспертов, по возможности подкрепленных расчетами. В этих условиях, однако, основа для суждений должна быть тщательно задокументирована для изучения в ходе оценки безопасности. Следует также позаботиться о достоверности имеющейся информации, которая отражается на уровне детальности расчетов, представленных в оценке, и на интерпретации результатов, которые, следовательно, должны меняться в зависимости от продолжительности рассматриваемого будущего периода.

Анализ чувствительности

II.49. Система должна быть проанализирована для установления того, как и в какой степени прогнозируемое поведение пункта захоронения зависит от используемой концептуальной модели, сценариев, применимых к этой модели, и изменения параметров, используемых для описания системы в качестве исходных данных модели. Если результаты чувствительны к начальным и граничным условиям, то может потребоваться сбор большего объема данных. В ходе этого процесса следует изучить чувствительность модели к разным сценариям и путям облучения. Если будет установлено, что оценка чувствительна к этим параметрам, следует задуматься об их дальнейшей оценке.

II.50. В качестве отправной точки для анализа чувствительности при оценках безопасности следует рассматривать изменение единичного параметра или изменение комбинаций нескольких параметров. Следует учесть возможность экстремального, но разумного изменения некоторых параметров, поскольку это может изменить относительную важность разных путей миграции и сделать модель неприменимой в дальнейшем.

II.51. Для решения этой задачи могут использоваться разные методы варьирования значений параметров, но при построении анализа следует аккуратно следить за тем, чтобы комбинации, которые выбирает компьютерный код, могли существовать в реальной жизни. Кроме того, анализ должен быть построен таким образом, чтобы сохранить информацию, необходимую для определения чувствительных комбинаций и выявления чувствительных параметров.

II.52. Анализ чувствительности должен задавать направление итеративному процессу, используемому для более качественного построения модели, разработки сценариев и сбора дополнительных данных. Результаты анализа чувствительности следует использовать для указания на то, где следует реально улучшить конструктивные особенности для повышения эксплуатационных показателей. Кроме того, определение ключевых параметров на основе анализа чувствительности может быть использовано для задания направления исследованиям с целью снижения неопределенности. Анализ чувствительности может быть также использован для определения процессов и связанных с ними параметров, которые не оказывают существенного влияния на результаты оценки безопасности, чтобы исключить необходимость проведения дальнейших исследований по этим темам.

Анализ неопределенности

II.53. Параметры могут использоваться в оценках безопасности для отображения неопределенности, обусловленной изменчивостью (например, изменением проницаемости вмещающей породы), а также тем, что может произойти в будущем (например, место, время и сила землетрясения). Анализ неопределенности следует проводить, акцентируя внимание на тех параметрах, которые, как показал анализ чувствительности, важны для определения результата оценки безопасности. Обычно используются методы, связанные с методикой анализа чувствительности к изменению одной или нескольких переменных с целью установления границ расчетной эффективности пункта захоронения. Простой граничный анализ обычно дает вполне достаточную информацию о диапазоне эффективности, но следует отметить, что, поскольку системы столь сложны, экстремальные значения по каждому параметру в отдельности не всегда указывают на граничное поведение системы. Анализ методом Монте-Карло также может дать распределение ожидаемых результатов на основе статистического анализа оценок вариации исходных параметров. При подготовке распределений исходных параметров для анализа методом Монте-Карло и установления корреляции между ними может потребоваться использование экспертной оценки, которая должна быть вынесена в официальной форме и зарегистрирована. Кроме того, следует проявлять аккуратность при установлении диапазона значений исходного параметра или комбинаций параметров, чтобы не допустить необоснованного разбавления рисков (например, произвольное увеличение диапазона значений исходного параметра сверх того, что подтверждается данными, может считаться консервативным подходом к установлению диапазона параметров, но может привести к снижению расчетной дозы и тем самым неправомерно снизить или разбавить риск).

ПРЕДСТАВЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОЦЕНКИ БЕЗОПАСНОСТИ

Общие сведения

II.54. Представление результатов оценки безопасности важно для улучшения понимания оценки и признания ее результатов. Эти результаты будут использоваться для различных нужд. В процессе принятия решений они используются главным образом для сравнения с нормами регулирования. Необходимость достижения консенсуса в отношении того, что пункт захоронения является безопасным вариантом захоронения

конкретных отходов на длительный период времени в будущем, привносит важный аспект в оценку безопасности и представление ее результатов.

П.55. Поскольку результаты оценки безопасности обычно служат основой для установления требований к приемлемости отходов и проектированию пункта захоронения, важно предоставить информацию о функционировании компонентов системы, особенно разработчикам системы и в конечном счете регулирующему органу, чтобы продемонстрировать уровни защиты, обеспечиваемые различными частями пункта захоронения. Результаты использования моделей для оценки безопасности не являются фактическими прогнозами; в действительности они указывают на то, что может произойти при определенных условиях, которые могут сложиться в будущем. Донесение этой информации и сложного устройства пункта геологического захоронения, состоящего как из природных, так и из инженерных элементов, о котором можно судить по моделям оценки безопасности, до различных заинтересованных сторон очень важно, и поэтому к представлению результатов необходимо тщательно подготовиться.

Сравнение с нормами регулирования

П.56. Наиболее распространенной формой использования результатов оценки безопасности является демонстрация соблюдения регулирующих требований. С этой целью для обоснования результатов оценки безопасности необходимо следующее:

- a) ясное описание площадки, выбранного проекта и всей совокупности отходов, намеченных к захоронению;
- b) тщательное рассмотрение концептуальной модели и физических основ этой модели;
- c) рассмотрение альтернативных моделей и причин отказа от таких моделей;
- d) основа для выбора или разработки сценариев и путей миграции;
- e) документирование предположений и обоснование использованных упрощений;
- f) краткое описание исходных данных для моделей;
- g) фактически использованные данные, их источник и обоснование;
- h) интерпретация результатов.

Документация по результатам оценки безопасности должна включать информацию о неопределенности и выводы по итогам всех анализов чувствительности и неопределенности.

Функционирование компонентов системы

II.57. Результаты оценки безопасности должны быть представлены таким образом, чтобы дать картину функционирования отдельных компонентов системы. Эта полезная процедура может быть без труда выполнена, если использовать модульный подход к моделированию. Демонстрация ожидаемого поведения каждого компонента и итеративное улучшение конструкции компонента или знаний об ожидаемом поведении компонента для обеспечения его эффективного функционирования повышает уровень уверенности в эффективности всей системы.

Будущие радиологические воздействия

II.58. Результаты оценки безопасности должны быть представлены таким образом, чтобы можно было учесть вариации прогнозируемых воздействий с течением времени. Такой подход может быть особенно полезен по той причине, что прогнозы — это всего лишь индикаторы эффективности функционирования и демонстрация эволюции порождаемых пунктом захоронения воздействий с течением времени может способствовать повышению доверия к результатам оценки безопасности. В любом случае имеет смысл показать, как эффект радиоактивного распада обычно ведет к уменьшению воздействия со временем. Такого подхода также следует придерживаться, когда долгосрочное радиологическое воздействие сравнивается с естественными уровнями радиации, например для того, чтобы продемонстрировать относительный эффект от захоронения долгоживущих радионуклидов.

Уровень представления

II.59. Для того чтобы отобразить все сложности пункта геологического захоронения, зачастую требуются сложные модели. Представление и объяснение этих моделей может быть непростым делом, особенно при работе с широкой аудиторией. Кроме того, лицензирование пунктов захоронения может стать основанием для возбуждения судебного иска. Поскольку обсуждение результатов сложного моделирования в судебном контексте может быть весьма затруднительным, ради большей ясности следует попытаться дополнить сложный метод моделирования менее сложной моделью.

II.60. Хотя упрощение может привести к потере деталей, демонстрация согласованности результатов простых и сложных методов возможна,

если можно показать, что благодаря упрощению оценка безопасности, по сути, фокусируется на критических факторах, относящихся к безопасности системы. Это часто называют робастным моделированием системы. Робастные оценки должны демонстрироваться для получения надежных оценок поведения системы при помощи простых моделей и минимального количества данных. Упрощение на удовлетворительном уровне обычно требует наличия очень хороших знаний о пункте захоронения и его функционировании. При условии, что эти знания могут быть продемонстрированы, простые робастные модели и методы оценки безопасности, основанные на использовании ограниченных данных, легче объяснить общественности, чем сложные модели, требующие больших объемов данных.

ПОВЫШЕНИЕ ДОВЕРИЯ

П.61. Оценки безопасности служат основой для принятия рациональных и технически выверенных решений в процессе создания пунктов захоронения отходов. Как уже говорилось в предыдущих пунктах, оценки безопасности играют определенную роль на разных этапах этого процесса. Предварительные оценки могут быть использованы при выборе площадки для выявления неопределенностей и уточнения потребностей в научных исследованиях. Оценки безопасности должны подготовить почву для проектирования пункта захоронения и дать возможность установить требования приемлемости отходов для конкретного пункта захоронения. Наконец, лицензирование пункта захоронения должно, по крайней мере частично, основываться на результатах оценки безопасности.

П.62. Ученые, регулирующие органы, руководители и другие заинтересованные стороны должны доверять информации, выводам и результатам, которые дают оценки безопасности. Мероприятия, способствующие повышению такого доверия, включают: i) проверку, калибровку и, если возможно, подтверждение адекватности моделей; ii) исследование соответствующих природных аналогов; iii) обеспечение качества и iv) независимую экспертизу [33].

Проверка, калибровка и подтверждение адекватности моделей

П.63. Оценки безопасности основываются на моделях пункта захоронения и его природного окружения. Эти модели используются для имитации эволюции системы и получения представления о последствиях

ряда сценариев. Усилия по моделированию включают разработку концептуальных моделей и математических моделей и соответствующих компьютерных кодов или других методов расчета. Доверие к результатам моделирования зависит от ответов на два вопроса. Во-первых, позволяет ли метод расчета точно решить математические уравнения, составляющие модель? Для ответа на этот вопрос используется процесс проверки. Во-вторых, достаточно ли точно модель воспроизводит результаты натуральных испытаний и/или экспериментов? Для ответа на этот вопрос используются калибровка и подтверждение адекватности при помощи различных наборов данных.

Проверка

П.64. Проверка метода расчета выполняется путем решения тестовых задач, призванных показать, что уравнения математической модели решаются удовлетворительно. Используя тестовые задачи и результаты разнообразных видов применения данного метода, можно достичь высокого уровня уверенности в верности математических выкладок и в том, что уравнения правильно закодированы и решены. Эффективен также такой подход, как сравнение результатов разных методов при решении одной и той же задачи и использовании одних и тех же исходных параметров. Поэтому проверка методов расчета вполне целесообразна и должна использоваться для повышения доверия к оценкам безопасности.

Калибровка

П.65. Калибровка направлена на снижение неопределенности концептуальных и численных моделей и параметров и выполняется путем сравнения прогнозов модели или подмодели с данными натуральных наблюдений и экспериментальных измерений. Таким образом, калибровка — это процедура для конкретной площадки, в ходе которой набор исходных данных для конкретной площадки используется для сравнения прогнозов и наблюдений на этой площадке. Если говорить о практической стороне дела, то если модель может быть успешно откалибрована для различных условий конкретной площадки, можно повысить уровень доверия к ее способности отображать эти аспекты поведения системы и, следовательно, оценивать их влияние в ситуациях, в которых они не могут быть измерены. Однако в процессе калибровки часто возникает одна трудность: разные концептуальные модели и связанные с ними наборы исходных данных дают результаты, которые одинаково хорошо

коррелируются с данными наблюдений. Это ограничивает возможности для снижения неопределенности.

Подтверждение адекватности

П.66. Насколько это возможно, должна быть продемонстрирована достоверность результатов моделирования, то есть их соответствие эмпирическим данным, полученным в реальной ситуации. В отличие от калибровки, которая является скорее процессом корректировки модели для конкретной площадки, подтверждение адекватности в большей степени относится к получению достоверных результатов на разнообразных площадках или при широком диапазоне условий. Хотя подтверждение адекватности моделей долгосрочной эволюции конкретной площадки за соответствующий период времени и невозможно, в ограниченном объеме эта процедура может быть выполнена путем использования данных исследований природных аналогов или климатических аналогов. Кроме того, может быть полезно сравнить результаты моделирования с наблюдениями за поведением определенных компонентов системы захоронения, например с наборами данных, полученных в ходе натуральных экспериментов, или с измерениями, выполненными при характеристике площадки и на этапе эксплуатации.

Природные аналоги

П.67. Природные аналоги изучаются для того, чтобы результаты наблюдений, проведенных в природных условиях, можно было сравнить с характеристиками компонентов или процессов, ожидаемыми в системе захоронения [34]. Аналогия между природными аналогами и пунктом захоронения отходов не идеальна, поскольку в большинстве случаев можно наблюдать только конечные результаты происходящих в природе процессов и существует значительная неопределенность в отношении начальных условий и их эволюции во времени.

П.68. На сегодняшний день представляется сложным использовать исследования природных аналогов в количественной форме для калибровки/подтверждения адекватности моделей или для получения значений параметров, используемых в этих моделях. Однако некоторые соответствующие процессы, такие как деградация материалов упаковки, перенос радионуклидов подземными водами или перенос элементов из почвы в биоту, могут быть исследованы в подходящих природных аналогах с достаточным уровнем детальности и с достаточным контролем

граничных условий для того, чтобы модель можно было определенным образом протестировать. Поэтому, несмотря на некоторые оговорки, природные аналоги следует использовать для повышения доверия к различным процессам и материалам, используемым в системе захоронения. Использование информации, полученной в результате изучения природных аналогов, может быть особенно полезным для повышения доверия руководящих органов и общественности к оценке.

Системы менеджмента

II.69. Системы менеджмента — это продуманный и упорядоченный набор процедур для документирования различных этапов какого-либо процесса и обеспечения уверенности в хорошем качестве результатов этого процесса. Эти процедуры внедрены или внедряются во многих областях обращения с радиоактивными отходами [27]. Необходимость обеспечения доверия к результатам оценки безопасности требует применения процедур к различным элементам оценки, в частности к сбору данных, проектировочной деятельности, разработке моделей и методов расчета, начиная с самого раннего этапа. Системы менеджмента служат той основой, на которой проводятся и регистрируются мероприятия по оценке безопасности и которая подтверждает соблюдение установленной процедуры. Таким образом можно доказать, что были использованы надежные и прослеживаемые источники информации. В итоге будет повышен уровень доверия к результатам оценки безопасности.

Независимая экспертиза оценок безопасности

II.70. В научной деятельности уверенность в истинности результатов во многом зависит от итогов процесса независимой экспертизы. Научные работы и результаты, имеющие отношение к оценке безопасности, должны публиковаться в открытых источниках, чтобы они были доступны для детального изучения другими экспертами, работающими в той же области, а также всеми, кто интересуется данной темой.

II.71. Процесс независимой экспертизы работы, составляющей основу оценки безопасности, должен происходить в формах, отличных от типичной независимой экспертизы научных публикаций и результатов программ. Национальные программы обращения с радиоактивными отходами должны предусматривать проведение технической экспертизы важных мероприятий. Регулирующий орган должен иметь независимую возможность для экспертизы оценок безопасности. В некоторых случаях

критические обзоры со стороны независимых органов организуются оператором пункта захоронения либо компетентными ведомствами. При проведении таких обзоров могут, помимо прочего, использоваться экспертные знания специалистов по естественным и социальным наукам, и эти обзоры могут быть эффективными с точки зрения повышения уровня доверия к оценке.

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ СООБРАЖЕНИЯ

II.72. Поскольку оценка безопасности пунктов геологического захоронения предполагает рассмотрение гипотетических будущих событий и их последствий, ожидать, что конкретные прогнозы воплотятся в реальность, не приходится. Единственной реалистичной целью является обеспечение разумной степени уверенности, основанной на оценке всех соответствующих доказательств, включая профессиональные суждения и математическое моделирование, в том, что пункт захоронения будет функционировать в пределах приемлемых границ безопасности.

II.73. Следует помнить, что реализация программы создания пункта геологического захоронения зависит не только от уверенности ученых, регулирующих органов и руководящих структур в безопасности этого объекта, но и от его социальной приемлемости. Для того чтобы завоевать доверие общественности, процесс создания пункта захоронения отходов должен включать в себя ряд элементов, нацеленных на обеспечение открытости, участия общественности и эффективного и широкого распространения информации. Грамотно спланированная оценка безопасности с использованием простых, робастных методов оценки эффективности, применяемых к хорошо обоснованной концептуальной модели, может способствовать углублению знаний общественности о пункте геологического захоронения и признанию его необходимости. Важным подспорьем в деле обеспечения социальной приемлемости являются международные мероприятия по взаимному сравнению и независимые экспертизы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- [1] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Захоронение радиоактивных отходов, Серия норм безопасности МАГАТЭ, № SSR-5, МАГАТЭ, Вена (2011).
- [2] 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 (2007).
- [3] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Joint Convention on the Safety of Spent Fuel Management and on the Safety of Radioactive Waste Management, IAEA International Law Series No. 1, IAEA, Vienna (2006).
- [4] АГЕНТСТВО ПО ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГИИ ОЭСР, ВСЕМИРНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ, МЕЖДУНАРОДНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ТРУДА, МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, ПАНАМЕРИКАНСКАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ, ПРОДОВОЛЬСТВЕННАЯ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ОБЪЕДИНЕННЫХ НАЦИЙ, Международные основные нормы безопасности для защиты от ионизирующих излучений и безопасного обращения с источниками излучения, Серия изданий по безопасности, № 115, МАГАТЭ, Вена (1997) (в стадии переработки).
- [5] OECD NUCLEAR ENERGY AGENCY, Engineered Barrier Systems (EBS) in the Safety Case: Design Confirmation and Demonstration (Proc. Workshop, Tokyo, 2006), OECD, Paris (2007).
- [6] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Borehole Disposal Facilities for Radioactive Waste, IAEA Safety Standards Series No. SSG-1, IAEA, Vienna (2009).
- [7] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Правила безопасной перевозки радиоактивных материалов, издание 2012 года, Серия норм безопасности МАГАТЭ, № SSR-6, МАГАТЭ, Вена (2013).
- [8] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Safety of Nuclear Fuel Cycle Facilities, IAEA Safety Standards Series No. NS-R-5, IAEA, Vienna (2008).
- [9] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Государственная, правовая и регулирующая основа обеспечения безопасности, Серия норм безопасности МАГАТЭ, № GSR Part 1, МАГАТЭ, Вена (2011).
- [10] МЕЖДУНАРОДНАЯ ГРУППА ПО ЯДЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ, Привлечение заинтересованных сторон к решению ядерных вопросов, INSAG-20, МАГАТЭ, Вена (2015).

- [11] OECD NUCLEAR ENERGY AGENCY, Post-Closure Safety Case for Geological Repositories, Nature and Purpose, OECD, Paris (2004).
- [12] INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION, 1990 Recommendations of the International Committee on Radiological Protection, Publication 60, Pergamon Press, Oxford and New York (1991).
- [13] INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION, Framework for Assessing the Impact of Ionising Radiation on Non-Human Species, Publication 91, Elsevier, Amsterdam (2003).
- [14] INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION, The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, Publication 103, Elsevier, Amsterdam (2007).
- [15] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, "Reference Biospheres" for Solid Radioactive Waste Disposal, IAEA-BIOMASS-6, IAEA, Vienna (2003).
- [16] OECD NUCLEAR ENERGY AGENCY, Features, Events and Processes (FEPs) for Geologic Disposal of Radioactive Waste, An International Database, OECD, Paris (2000).
- [17] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Safety Indicators for the Safety Assessment of Radioactive Waste Disposal, IAEA-TECDOC-1372, IAEA, Vienna (2003).
- [18] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, МЕЖДУНАРОДНОЕ БЮРО ТРУДА, Радиационная защита при профессиональном облучении, Серия норм безопасности МАГАТЭ, № RS-G-1.1, МАГАТЭ, Вена (1999).
- [19] АГЕНТСТВО ПО ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГИИ ОЭСР, ВСЕМИРНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ, МЕЖДУНАРОДНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ТРУДА, МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, ПАНАМЕРИКАНСКАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ, ПРОДОВОЛЬСТВЕННАЯ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ОБЪЕДИНЕННЫХ НАЦИЙ, УПРАВЛЕНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ ОБЪЕДИНЕННЫХ НАЦИЙ ПО КООРДИНАЦИИ ГУМАНИТАРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ, Готовность и реагирование в случае ядерной и радиационной аварийной ситуации, Серия норм безопасности МАГАТЭ, № GS-R-2, МАГАТЭ, Вена (2004).
- [20] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Monitoring of Geological Repositories for High Level Radioactive Waste, IAEA-TECDOC-1208, IAEA, Vienna (2001).
- [21] Система гарантий Агентства, INFCIRC/66/Rev.2, МАГАТЭ, Вена (1968).
- [22] Типовой дополнительный протокол к Соглашению(ям) между государством(ами) и Международным агентством по атомной энергии о применении гарантий, INFCIRC/540 (Corrected), МАГАТЭ, Вена (1998).
- [23] Структура и содержание соглашений между Агентством и государствами, требуемых в связи с Договором о нераспространении ядерного оружия, INFCIRC/153 (Corrected), МАГАТЭ, Вена (1975).
- [24] Физическая защита ядерного материала и ядерных установок, INFCIRC/225/Rev. 4 (Corrected), МАГАТЭ, Вена (1999).

- [25] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Система управления для установок и деятельности, Серия норм по безопасности МАГАТЭ, № GS-R-3, МАГАТЭ, Вена (2008).
- [26] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Применение системы управления для установок и деятельности, Серия норм безопасности МАГАТЭ, № GS-G-3.1, МАГАТЭ, Вена (2009).
- [27] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Система менеджмента для захоронения радиоактивных отходов, Серия норм безопасности МАГАТЭ, № GS-G-3.4, МАГАТЭ, Вена (2015).
- [28] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Оценка безопасности приповерхностного захоронения радиоактивных отходов, Серия норм безопасности МАГАТЭ, № WS-G-1.1, МАГАТЭ, Вена (1999).
- [29] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Safety Assessment Methodologies for Near Surface Disposal Facilities, Vol. 1: Review and Enhancement of Safety Assessment Approaches and Tools, IAEA, Vienna (2004).
- [30] OECD NUCLEAR ENERGY AGENCY, Disposal of Radioactive Waste: Review of Safety Assessment Methods, OECD, Paris (1991).
- [31] OECD NUCLEAR ENERGY AGENCY, Systematic Approaches to Scenario Development, Rep. NEA Working Group on the Identification and Selection of Scenarios for Performance Assessment of Radioactive Waste Disposal, OECD, Paris (1992).
- [32] OECD NUCLEAR ENERGY AGENCY, Management of Uncertainty in Safety Cases and the Role of Risk (Proc. Workshop, Stockholm, 2004), OECD, Paris (2005).
- [33] OECD NUCLEAR ENERGY AGENCY, Confidence in the Long-term Safety of Deep Geological Repositories, its Development and Communication, OECD, Paris (1999).
- [34] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Use of Natural Analogues to Support Radionuclide Transport Models for Deep Geological Repositories for Long Lived Radioactive Wastes, IAEA-TECDOC-1109, IAEA, Vienna (1999).

СОСТАВИТЕЛИ И РЕЦЕНЗЕНТЫ

Baumgartner, P.	«Атомик энерджи оф Кэнада, лимитед», Канада
Besnus, F.	Институт радиационной защиты и ядерной безопасности, Франция
Bruno, G.	Институт радиационной защиты и ядерной безопасности, Франция
Cool, W.	ОНДРАФ/НИРАС, Бельгия
Crossland, I.	«Кроссланд консалтинг, лимитед», Соединенное Королевство
Degnan, P.	«Юнайтед Кингдом Найрекс, лимитед», Соединенное Королевство
Flavelle, P.	«Радужейст консалтинг, лимитед», Канада
Hautojärvi, A.	АО «Посива», Финляндия
Hill, M.	частный консультант, Соединенное Королевство
Maudoux, J.	Федеральное агентство по ядерному контролю, Бельгия
McCartin, T.	Комиссия по ядерному регулированию, Соединенные Штаты Америки
McEwen, T.	«Сейфети ассесмент менеджмент, лимитед», Соединенное Королевство
Metcalf, P.E.	Международное агентство по атомной энергии
Narayan, P.K.	Центр атомных исследований им. Бхабхи, Индия
Okuyama, S.	Организация по обращению с ядерными отходами, Япония
Orrell, S.A.	Сандийские лаборатории, Соединенные Штаты Америки
Pfeiffer, F.	«Гезельшафт фюр анлаген унд реакторзихерхайт мбХ», Германия

Rowat, J.H.	Международное агентство по атомной энергии
Ruokola, E.	Управление по радиационной и ядерной безопасности, Финляндия
Salo, J.-P.	АО «Посива», Финляндия
Сметник, А.	Госатомнадзор, Российская Федерация
Стефанова, И.	Институт ядерных исследований и ядерной энергии, Болгария
Ström, A.	Шведская компания по обращению с ядерным топливом и отходами, Швеция
Summerling, T.	«Сейфети ассесмент менеджмент, лимитед», Соединенное Королевство
Vahlund, F.	Шведская компания по обращению с ядерным топливом и отходами, Швеция
Van Luik, A.	Министерство энергетики, Соединенные Штаты Америки
Vigfusson, J.	Швейцарская инспекция по ядерной безопасности, Швейцария
Walsh, C.	Управление по выводу из эксплуатации ядерных объектов, Соединенное Королевство
Злобенко, Б.	Институт геохимии окружающей среды, Украина

ОРГАНЫ, УЧАСТВУЮЩИЕ В ОДОБРЕНИИ НОРМ БЕЗОПАСНОСТИ МАГАТЭ

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

Комиссия по нормам безопасности

Австралия: Loy, J.; Аргентина: González, A.J.; Бельгия: Samain, J.-P.; Бразилия: Vinhas, L.A.; Вьетнам: Le-chi Dung; Германия: Majer, D.; Египет: Barakat, M.; Израиль: Levanon, I.; Индия: Sharma, S.K.; Испания: Barceló Vernet, J.; Канада: Jammal, R.; Китай: Liu Hua; Корея, Республика: Choul-Но Yun; Литва: Maksimovas, G.; Пакистан: Rahman, M.S.; Российская Федерация: Адамчик, С.; Соединенное Королевство: Weightman, M.; Соединенные Штаты Америки: Virgilio, M.; Украина: Миколайчук О.; Финляндия: Laaksonen, J.; Франция: Lacoste, A.-С. (председатель); Швеция: Larsson, С.М.; Южная Африка: Magugumela, M.T.; Япония: Fukushima, A.; Агентство по ядерной энергии ОЭСР: Yoshimura, U.; Европейская комиссия: Faross, P.; Консультативная группа по вопросам физической ядерной безопасности: Hashmi, J.A.; МАГАТЭ: Delattre, D. (координатор); Международная группа по ядерной безопасности: Meserve, R.; Международная комиссия по радиологической защите: Holm, L.-E.; председатели комитетов по нормам ядерной безопасности: Brach, E.W. (ТРАНССК); Magnusson, S. (РАССК); Pather, T. (ВАССК); Vaughan, G.J. (НУССК).

Комитет по нормам ядерной безопасности

*Австралия: Le Cann, G.; Австрия: Sholly, S.; Алжир: Merrouche, D.; Аргентина: Waldman, R.; Бельгия: De Bоеск, В.; *Болгария: Гледачев, Й.; Бразилия: Gromann, A.; Венгрия: Adorján, F.; Гана: Emi-Reynolds, G.; Германия: Wassilew, С.; *Греция: Camarinopoulos, L.; Египет: Ibrahim, M.; Израиль: Hirshfeld, H.; Индия: Vaze, K.; Индонезия: Antariksawan, A.; Иран, Исламская Республика: Asgharizadeh, F.; Испания: Zarzuela, J.; Италия: Вава, G.; Канада: Rzentkowski, G.; *Кипр: Demetriades, P.; Китай: Jingxi Li; Корея, Республика: Нуип-Кооп Kim; Ливийская Арабская Джамахирия: Abuzid, O.; Литва: Demčenko, M.; Малайзия: Azlina Mohammed Jais; Марокко: Soufi, I.; Мексика: Carrera, A.; Нидерланды: van der Wiel, L.;*

Пакистан: Habib, M.A.; *Польша*: Jurkowski, M.; *Российская Федерация*: Баранаев Ю.; *Румыния*: Biro, L.; *Словакия*: Uhrík, P.; *Словения*: Vojnovič, D.; *Соединенное Королевство*: Vaughan, G.J. (председатель); *Соединенные Штаты Америки*: Mayfield, M.; *Тунис*: Baccouche, S.; *Турция*: Bezdegumeli, U.; *Украина*: Шумкова, Н.; *Уругвай*: Nader, A.; *Финляндия*: Järvinen, M.-L.; *Франция*: Feron, F.; *Хорватия*: Valčić, I.; *Чешская Республика*: Šváb, M.; *Швейцария*: Flury, P.; *Швеция*: Hallman, A.; *Южная Африка*: Leotwane, W.; *Япония*: Kanda, T.; *Агентство по ядерной энергии ОЭСР*: Reig, J.; **Всемирная ядерная ассоциация*: Борисова, И.; *Европейская комиссия*: Vigne, S.; *МАГАТЭ*: Feige, G. (координатор); *Международная организация по стандартизации*: Sevestre, B.; *Международная электротехническая комиссия*: Bouard, J.-P.; *ФОРАТОМ*: Fourest, B.

Комитет по нормам радиационной безопасности

Австралия: Melbourne, A.; **Австрия*: Karg, V.; **Алжир*: Chelbani, S.; *Аргентина*: Massera, G.; *Бельгия*: van Bladel, L.; **Болгария*: Katsarska, L.; *Бразилия*: Rodriguez Rochedo, E.R.; *Венгрия*: Koblinger, L.; *Гана*: Amoako, J.; *Германия*: Helming, M.; **Греция*: Kamenopoulou, V.; *Дания*: Øhlenschläger, M.; *Египет*: Hassib, G.M.; *Израиль*: Koch, J.; *Индия*: Sharma, D.N.; *Индонезия*: Widodo, S.; *Иран, Исламская Республика*: Kardan, M.R.; *Ирландия*: Colgan, T.; *Исландия*: Magnússon, S. (председатель); *Испания*: Amor Calvo, I.; *Италия*: Bologna, L.; *Канада*: Clement, C.; **Кипр*: Demetriades, P.; *Китай*: Huating Yang; *Корея, Республика*: Byung-Soo Lee; **Куба*: Betancourt Hernandez, L.; **Латвия*: Salmins, A.; *Ливийская Арабская Джамахирия*: Busitta, M.; *Литва*: Mastauskas, A.; *Малайзия*: Hamrah, M.A.; *Марокко*: Tazi, S.; *Мексика*: Delgado Guardado, J.; *Нидерланды*: Zuur, C.; *Норвегия*: Saxebol, G.; *Пакистан*: Ali, M.; *Парагвай*: Romero de Gonzalez, V.; *Польша*: Merta, A.; *Португалия*: Dias de Oliveira, A.M.; *Российская Федерация*: Савкин М.; *Румыния*: Rodna, A.; *Словакия*: Jurina, V.; *Словения*: Sutej, T.; *Соединенное Королевство*: Robinson, I.; *Соединенные Штаты Америки*: Lewis, R.; **Таиланд*: Suntarapai, P.; *Тунис*: Chékir, Z.; *Турция*: Окуар, Н.В.; *Украина*: Павленко, Т.; **Уругвай*: Nader, A.; *Филиппины*: Valdezco, E.; *Финляндия*: Markkanen, M.; *Франция*: Godet, J.-L.; *Хорватия*: Kralik, I.; *Чешская Республика*: Petrova, K.; *Швейцария*: Piller, G.; *Швеция*: Almen, A.; *Эстония*: Lust, M.; *Южная Африка*: Olivier, J.H.I.; *Япония*: Kiryu, Y.; *Агентство по ядерной энергии ОЭСР*: Lazo, T.E.; *Всемирная организация здравоохранения*: Carr, Z.; *Всемирная ядерная ассоциация*: Saint-Pierre, S.; *Европейская комиссия*: Janssens, A.; *МАГАТЭ*: Voal, T. (координатор); *Международная ассоциация поставщиков и производителей источников*: Fasten, W.; *Международная комиссия по радиологической*

защите: Valentin, J.; *Международная организация по стандартизации*: Rannou, A.; *Международная электротехническая комиссия*: Thompson, I.; *Международное бюро труда*: Niu, S.; *Научный комитет Организации Объединенных Наций по действию атомной радиации*: Strick, M.; *Панамериканская организация здравоохранения*: Jiménez, P.; *Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций*: Byron, D.

Комитет по нормам безопасности перевозки

Австралия: Sarkar, S.; *Австрия*: Kirchnawu, F.; *Аргентина*: López Vietri, J.; ***Сапародона*, N.M.; *Бельгия*: Cottens, E.; *Болгария*: Бакалова, А.; *Бразилия*: Xavier, A.M.; *Венгрия*: Sáfár, J.; *Гана*: Emi-Reynolds, G.; *Германия*: Rein, H.; **Nitsche*, F.; ***Alter*, U.; **Греция*: Vogiatzi, S.; *Дания*: Breddam, K.; *Египет*: El-Shinawu, R.M.K.; *Израиль*: Koch, J.; *Индия*: Agarwal, S.P.; *Индонезия*: Wisnubroto, D.; *Иран, Исламская Республика*: Eshraghi, A.; **Емамжомех*, А.; *Ирландия*: Duffy, J.; *Испания*: Zamora Martin, F.; *Италия*: Trivelloni, S.; ***Orsini*, A.; *Канада*: Régimbald, A.; **Кипр*: Demetriades, P.; *Китай*: Xiaoqing Li; *Корея, Республика*: Dae-Hyung Cho; **Куба*: Quevedo Garcia, J.R.; *Ливийская Арабская Джамахирия*: Kekli, A.T.; *Литва*: Statkus, V.; *Малайзия*: Sobari, M.P.M.; ***Husain*, 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*: Rashid, M.; **Парагвай*: More Torres, L.E.; *Польша*: Dziubiak, T.; *Португалия*: Vuxo da Trindade, R.; *Российская Федерация*: Бучельников А.Э.; *Соединенное Королевство*: Sallit, G.; *Соединенные Штаты Америки*: Boyle, R.W.; Brach, E.W. (председатель); *Таиланд*: Jerachanchai, S.; *Турция*: Ertürk, K.; *Украина*: Лопатин, С.; *Уругвай*: Nader, A.; **Cabral*, W.; *Финляндия*: Lahkola, A.; *Франция*: Landier, D.; *Хорватия*: Belamarić, N.; *Чешская Республика*: Ducháček, V.; *Швейцария*: Krietsch, T.; *Швеция*: Häggblom, E.; ***Svahn*, B.; *Южная Африка*: Hinrichsen, P.; *Япония*: Hanaki, I.; *Всемирная ядерная ассоциация*: Gorlin, S.; *Всемирный институт по ядерным перевозкам*: Green, L.; *Всемирный почтовый союз*: Bowers, D.G.; *Европейская комиссия*: Vinet, J.; *Европейская экономическая комиссия Организации Объединенных Наций*: Kervella, O.; *МАГАТЭ*: Stewart, J.T. (координатор); *Международная ассоциация воздушного транспорта*: Brennan, D.; *Международная ассоциация поставщиков и производителей источников*: Miller, J.J.; ***Roughan*, K.; *Международная морская организация*: Rahim, I.; *Международная организация гражданской авиации*: Rooney, K.; *Международная организация по стандартизации*:

Malesys, P.; *Международная федерация ассоциаций линейных пилотов*: Tisdall, A.; **Gessler, M.

Комитет по нормам безопасности отходов

Австралия: Williams, G.; **Австрия*: Fischer, H.; *Алжир*: Abdenacer, G.; *Аргентина*: Biaggio, A.; *Бельгия*: Blommaert, W.; **Болгария*: Симеонов, Г.; *Бразилия*: Tostes, M.; *Венгрия*: Czoch, I.; *Гана*: Faanu, A.; *Германия*: Götz, C.; *Греция*: Tzika, F.; *Дания*: Nielsen, C.; *Египет*: Mohamed, Y.; *Израиль*: Dody, A.; *Индия*: Rana, D.; *Индонезия*: Wisnubroto, D.; *Иран, Исламская Республика*: Assadi, M.; **Zarghami, R.*; *Ирак*: Abbas, H.; *Испания*: Sanz Aludan, M.; *Италия*: Dionisi, M.; *Канада*: Howard, D.; *Кипр*: Demetriades, P.; *Китай*: Zhimin Qu; *Корея, Республика*: Won-Jae Park; *Куба*: Fernandez, A.; **Латвия*: Salmins, A.; *Ливийская Арабская Джамахирия*: Elfawares, A.; *Литва*: Paulikas, V.; *Малайзия*: Sudin, M.; **Марокко*: Barkouch, R.; *Мексика*: Aguirre Gómez, J.; *Нидерланды*: van der Shaaf, M.; *Пакистан*: Mannan, A.; **Парагвай*: Idoyaga Navarro, M.; *Польша*: Włodarski, J.; *Португалия*: Flausino de Paiva, M.; *Словакия*: Homola, J.; *Словения*: Mele, I.; *Соединенное Королевство*: Chandler, S.; *Соединенные Штаты Америки*: Camper, L.; **Таиланд*: Supaokit, P.; *Тунис*: Bousselmi, M.; *Турция*: Özdemir, T.; *Украина*: Макаровска, О.; **Уругвай*: Nader, A.; *Финляндия*: Nutri, K.; *Франция*: Rieu, J.; *Хорватия*: Trifunovic, D.; *Чешская Республика*: Lietava, P.; *Швейцария*: Wanner, H.; *Швеция*: Frise, L.; *Эстония*: Lust, M.; *Южная Африка*: Pather, T. (председатель); *Япония*: Matsuo, H.; *Агентство по ядерной энергии ОЭСР*: Riotte, H.; *Всемирная ядерная ассоциация*: Saint-Pierre, S.; *Европейская комиссия*: Necheva, C.; *МАГАТЭ*: Siraky, G. (координатор); *Международная ассоциация поставщиков и производителей источников*: Fasten, W.; *Международная организация по стандартизации*: Hutson, G.; *Нормы безопасности европейских ядерных установок*: Lorenz, B.; **Нормы безопасности европейских ядерных установок*: Zaiss, W.



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 • 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

Индивидуальные заказы:

www.eurospanbookstore.com/iaea

Дополнительная информация:

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

Эл.почта: info@eurospangroup.com • Сайт: 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 • Сайт: <https://www.iaea.org/ru/publikacii>

Обеспечение безопасности с помощью международных норм

**МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ
ВЕНА**