

Нормы безопасности МАГАТЭ

для защиты людей и охраны окружающей среды

Мониторинг пунктов захоронения радиоактивных отходов и надзор за ними

Специальное руководство по безопасности
№ SSG-31



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 **TECDOC**. МАГАТЭ выпускает также доклады по радиологическим авариям, учебные пособия и практические руководства, а также другие специальные публикации по вопросам безопасности.

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

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

МОНИТОРИНГ
ПУНКТОВ ЗАХОРОНЕНИЯ
РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ
И НАДЗОР ЗА НИМИ

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-ДАРУССЛАМ	ЛИВАН	СОЕДИНЕННЫЕ ШТАТЫ АМЕРИКИ
БУРКИНА-ФАСО	ЛИВИЯ	СУДАН
БУРУНДИ	ЛИТВА	СЬЕРРА-ЛЕОНЕ
ВАНУАТУ	ЛИХТЕНШТЕЙН	ТАДЖИКИСТАН
ВЕНГРИЯ	ЛЮКСЕМБУРГ	ТАИЛАНД
ВЕНЕСУЭЛА, БОЛИВАРИАНСКАЯ РЕСПУБЛИКА	МАВРИКИЙ	ТОГО
ВЬЕТНАМ	МАВРИТАНИЯ	ТОНГА
ГАБОН	МАДАГАСКАР	ТРИНИДАД И ТОБАГО
ГАИТИ	МАЛАВИ	ТУНИС
ГАЙАНА	МАЛАЙЗИЯ	ТУРКМЕНИСТАН
ГАМБИЯ	МАЛИ	ТУРЦИЯ
ГАНА	МАЛЬТА	УГАНДА
ГВАТЕМАЛА	МАРОККО	УЗБЕКИСТАН
ГВИНЕЯ	МАРШАЛЛОВЫ ОСТРОВА	УКРАИНА
ГЕРМАНИЯ	МЕКСИКА	УРУГВАЙ
ГОНДУРАС	МОЗАМБИК	ФИДЖИ
ГРЕНАДА	МОНАКО	ФИЛИППИНЫ
ГРЕЦИЯ	МОНГОЛИЯ	ФИНЛЯНДИЯ
ГРУЗИЯ	МЬЯНМА	ФРАНЦИЯ
ДАНИЯ	НАМИБИЯ	ХОРВАТИЯ
ДЕМОКРАТИЧЕСКАЯ РЕСПУБЛИКА КОНГО	НЕПАЛ	ЦЕНТРАЛЬНОАФРИКАНСКАЯ РЕСПУБЛИКА
ДЖИБУТИ	НИГЕР	ЧАД
ДОМИНИКА	НИГЕРИЯ	ЧЕРНОГОРИЯ
ДОМИНИКАНСКАЯ РЕСПУБЛИКА	НИДЕРЛАНДЫ	ЧЕШСКАЯ РЕСПУБЛИКА
ЕГИПЕТ	НИКАРАГУА	ЧИЛИ
ЗАМБИЯ	НОВАЯ ЗЕЛАНДИЯ	ШВЕЙЦАРИЯ
ЗИМБАБВЕ	НОРВЕГИЯ	ШВЕЦИЯ
ИЗРАИЛЬ	ОБЪЕДИНЕННАЯ РЕСПУБЛИКА ТАНЗАНИЯ	ШРИ-ЛАНКА
ИНДИЯ	ОБЪЕДИНЕННЫЕ АРАБСКИЕ ЭМИРАТЫ	ЭКВАДОР
ИНДОНЕЗИЯ	ОМАН	ЭРИТРЕЯ
ИОРДАНИЯ	ПАКИСТАН	ЭСВАТИНИ
ИРАК	ПАЛАУ	ЭСТОНИЯ
ИРАН, ИСЛАМСКАЯ РЕСПУБЛИКА	ПАНАМА	ЭФИОПИЯ
ИРЛАНДИЯ	ПАПАУА — НОВАЯ ГВИНЕЯ	ЮЖНАЯ АФРИКА
ИСЛАНДИЯ	ПАРАГВАЙ	ЯМАЙКА
ИСПАНИЯ	ПЕРУ	ЯПОНИЯ
ИТАЛИЯ		

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

НОРМЫ БЕЗОПАСНОСТИ МАГАТЭ, № SSG-31

МОНИТОРИНГ
ПУНКТОВ ЗАХОРОНЕНИЯ
РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ
И НАДЗОР ЗА НИМИ

СПЕЦИАЛЬНОЕ РУКОВОДСТВО ПО БЕЗОПАСНОСТИ

МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ
ВЕНА, 2024 ГОД

УВЕДОМЛЕНИЕ ОБ АВТОРСКОМ ПРАВЕ

Все научные и технические публикации МАГАТЭ защищены положениями Всемирной конвенции об авторском праве, принятой в 1952 году (Берн) и пересмотренной в 1972 году (Париж). Впоследствии авторские права были распространены Всемирной организацией интеллектуальной собственности (Женева) также на интеллектуальную собственность в электронной и виртуальной форме. Для полного или частичного использования текстов, содержащихся в печатных или электронных публикациях МАГАТЭ, должно быть получено разрешение, которое обычно оформляется соглашениями типа роялти. Предложения о некоммерческом воспроизведении и переводе приветствуются и рассматриваются в каждом случае в отдельности. Вопросы следует направлять в Издательскую секцию МАГАТЭ по адресу:

Группа маркетинга и сбыта (Marketing and Sales Unit)
Издательская секция
Международное агентство по атомной энергии
Венский международный центр,
а/я 100,
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, 2024
Отпечатано МАГАТЭ в Австрии
Март 2024 года
STI/PUB/1640

МОНИТОРИНГ ПУНКТОВ ЗАХОРОНЕНИЯ
РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ И НАДЗОР ЗА НИМИ
МАГАТЭ, ВЕНА, 2024 ГОД
STI/PUB/1640
ISBN 978-92-0-407723-0 (ПЕЧАТНЫЙ ФОРМАТ)
ISBN 978-92-0-407623-3 (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 Основопологающие 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).

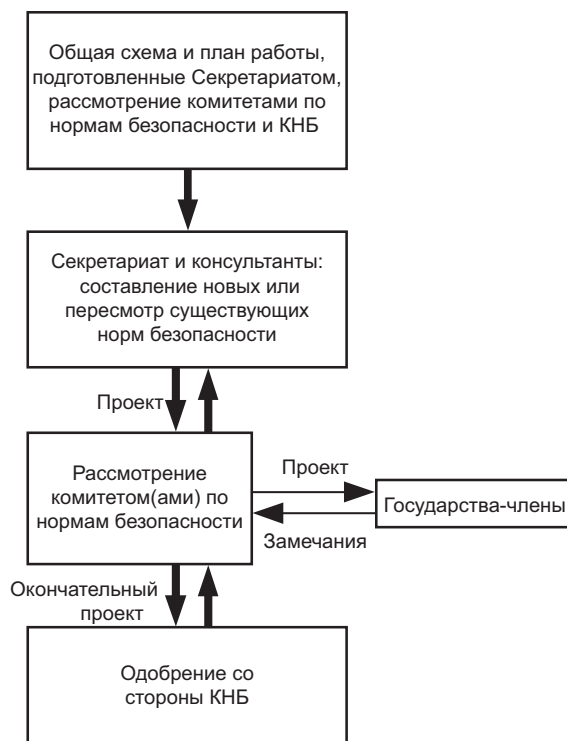


РИС. 2. Процесс разработки новых норм безопасности или пересмотр существующих норм.

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 (1.1–1.8)	1
	Цель (1.9)	5
	Область применения (1.10–1.16)	5
	Структура (1.17)	8
2.	ОБЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ О МОНИТОРИНГЕ И НАДЗОРЕ (2.1–2.10)	9
	Общие задачи мониторинга пунктов захоронения и надзора за ними (2.11–2.18)	10
3.	ОБЯЗАННОСТИ ОПЕРАТОРА И РЕГУЛИРУЮЩЕГО ОРГАНА	13
	Обязанности оператора (3.1–3.2)	13
	Обязанности регулирующего органа (3.3–3.7)	14
4.	РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ МОНИТОРИНГА (4.1–4.26)	16
5.	МОНИТОРИНГ РАЗНЫХ ТИПОВ ПУНКТОВ ЗАХОРОНЕНИЯ (5.1)	25
	Пункты приповерхностного захоронения (5.2)	25
	Пункты геологического захоронения (5.3)	26
	Пункты захоронения отходов добычи и переработки полезных ископаемых (5.4–5.5)	27
6.	МОНИТОРИНГ НА РАЗНЫХ ЭТАПАХ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ПУНКТА ЗАХОРОНЕНИЯ (6.1–6.2)	28
	Мониторинг в предэксплуатационный период (6.3–6.6)	28
	Мониторинг в эксплуатационный период (6.7–6.11)	31
	Мониторинг в период после закрытия (6.12–6.13)	33
	Мониторинг для нужд аварийного реагирования (6.14–6.15)	34

7.	РАЗРАБОТКА И РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОГРАММЫ НАДЗОРА (7.1–7.2)	36
	Надзор на протяжении жизненного цикла пункта захоронения (7.3–7.5)	37
	Особенности надзора на разных типах пунктов захоронения (7.6–7.9)	37
	Тип и периодичность инспекций (7.10–7.13)	38
	Обычные инспекции (7.14–7.16)	39
	Инспекции для специальных целей (6.17)	40
8.	ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИИ, ПОЛУЧЕННОЙ В РЕЗУЛЬТАТЕ МОНИТОРИНГА И НАДЗОРА (8.1–8.3)	40
	Анализ основных целей и меры по их достижению (8.4–8.10) ..	41
	Отклонения от ожидаемых результатов (8.11–8.15)	44
	Периодический пересмотр программ мониторинга и надзора (8.16)	46
9.	СИСТЕМА МЕНЕДЖМЕНТА (9.1–9.7)	46
	СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	49
	ПРИЛОЖЕНИЕ I: ПРИМЕР ИНФОРМАЦИИ, СОБРАННОЙ В РЕЗУЛЬТАТЕ МОНИТОРИНГА И НАДЗОРА ДЛЯ НУЖД ПРОГРАММЫ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ЗАХОРОНЕНИЯ	51
	ПРИЛОЖЕНИЕ II: ПРИМЕР ПРОГРАММЫ МОНИТОРИНГА И НАДЗОРА ДЛЯ ПУНКТА ПРИПОВЕРХНОСТНОГО ЗАХОРОНЕНИЯ	69
	СОСТАВИТЕЛИ И РЕЦЕНЗЕНТЫ	85

1. ВВЕДЕНИЕ

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

1.1. Радиоактивные отходы образуются в результате производства электроэнергии на атомных электростанциях, работы предприятий ядерного топливного цикла и других видов деятельности в рамках ядерного топливного цикла, таких как добыча и переработка урановых и ториевых руд. Кроме того, радиоактивные отходы являются результатом самых разнообразных видов деятельности в промышленности, медицине, сельском хозяйстве, образовании, сфере научных исследований и разработок. Они также формируются в ходе деятельности и процессов, приводящих к накоплению радиоактивных материалов природного происхождения в отходах, при обращении с которыми необходимо помнить о безопасности.

1.2. Программа мониторинга и надзора — это ключевой инструмент для проверки соответствия лицензированного пункта захоронения радиоактивных отходов требованиям, предъявляемым к его работе и безопасности. Принципы безопасности, которые должны применяться во всех видах деятельности по обращению с радиоактивными отходами, изложены в «Основополагающих принципах безопасности» [1]. В публикации категории требований безопасности «Захоронение радиоактивных отходов» [2] описываются возможные варианты захоронения, соответствующие признанным классам радиоактивных отходов, информация о которых содержится в [3].

1.3. МАГАТЭ разработало руководства по безопасности для пунктов геологического захоронения и пунктов приповерхностного захоронения [4, 5], а в настоящее время готовится руководство по безопасности, посвященное обращению с радиоактивными отходами добычи и переработки полезных ископаемых и других видах деятельности, связанных с радиоактивным материалом природного происхождения (РМПП). Настоящее Руководство по безопасности дополняет и развивает положения этих норм безопасности в части мониторинга пунктов захоронения радиоактивных отходов и надзора за ними.

1.4. Программы мониторинга и надзора имеют важное значение для обеспечения уверенности в том, что пункт захоронения радиоактивных отходов отвечает требуемому уровню безопасности на этапе эксплуатации

и после закрытия. На выбор подхода к мониторингу повлияет тип отходов и соответствующий тип пункта захоронения. В случае пункта приповерхностного захоронения отходов, содержащих относительно короткоживущие радионуклиды, для того чтобы понять, достигаются ли цели безопасности, можно применить меры прямого контроля. В случае геологического захоронения отходов, содержащих долгоживущие радионуклиды, применение мер прямого контроля после закрытия не представляется возможным. В этом случае цели в области безопасности и защиты могут быть достигнуты только с помощью прогнозов, основанных на имеющихся данных и существующих знаниях.

1.5. На каждом этапе жизненного цикла пункта захоронения радиоактивных отходов необходимо применять разные виды мониторинга. Настоящее Руководство по безопасности описывает мониторинг и надзор в предэксплуатационный период, периоды эксплуатации, закрытия и в период после закрытия конкретных пунктов поверхностного, приповерхностного и геологического захоронения отходов, а также пунктов захоронения отходов, образующихся при добыче тория и урана. Предэксплуатационный период, эксплуатационный период и период после закрытия, описанные в [2], можно дополнительно охарактеризовать следующим образом.

- Предэксплуатационный период включает определение концепции, оценку площадки (выбор, проверку и подтверждение пригодности), оценку безопасности и анализ технического проекта. В случае отходов от добычи полезных ископаемых предэксплуатационный период соответствует подготовке к экологическим восстановительным мероприятиям на объектах добычи полезных ископаемых, хвостохранилищах, отвалах пустой породы и отходах очистки загрязненных участков (восстановительные мероприятия на площадках с отходами добычи полезных ископаемых можно рассматривать как утилизацию этих отходов). Работы, предшествующие восстановительным мероприятиям, включают оценку воздействия на окружающую среду¹ участков, прилегающих к шахте, выбор и планирование восстановительных мер и реализацию программы экологического мониторинга, включающую в себя

¹ Термин «оценка воздействия на окружающую среду» используется здесь в широком смысле. В некоторых государствах этот термин обозначает определенный процесс, который охватывает все потенциальные виды воздействия проекта с целью согласования проекта со всеми профильными ведомствами и который часто предполагает участие общественности.

мониторинг воздействия восстановительных мер на площадке и мониторинг всех изменений исходного состояния окружающей среды за пределами участка проведения восстановительных мероприятий. Предэксплуатационный период также включает разработку программ и процедур, необходимых для обоснования заявки на получение лицензии на строительство и первоначальную эксплуатацию пункта захоронения. В течение этого периода следует выполнить программы мониторинга и испытаний, необходимые для определения исходного состояния.

- Эксплуатационный период начинается с момента первого поступления отходов в пункт захоронения. С этого момента в результате деятельности по обращению с отходами может происходить радиационное облучение, и оно подлежит контролю в соответствии с требованиями защиты и безопасности. По мере необходимости оценки безопасности и обоснование безопасности на период эксплуатации актуализируются с учетом фактического опыта и все большего объема знаний, получаемых как на пункте, так и на других объектах в данном государстве и за его пределами. В период эксплуатации на объекте могут вестись строительные работы одновременно с размещением отходов и закрытием или выводом из эксплуатации других его частей. На этом этапе могут выполняться мероприятия по извлечению отходов, если это необходимо сделать перед закрытием объекта, работы, проводимые после завершения размещения отходов и окончательного закрытия, включая засыпку и опечатывание объекта. В течение всего периода эксплуатации следует вести инвентаризационный учет отходов.
- Решение о закрытии пункта захоронения отходов может быть принято по многим причинам. Это, например, достижение предельной вместимости пункта захоронения, нахождение других способов утилизации отходов или принятие политического решения о закрытии объекта. Независимо от причин принятия данного решения, за исключением случаев проведения восстановительных мероприятий, решение о закрытии пункта захоронения отходов одновременно является и решением о начале этапа активного ведомственного контроля (для пунктов приповерхностного захоронения) либо периода после закрытия (для других пунктов захоронения). Такое решение принимается в отношении конкретного пункта и имеет большое значение для объектов приповерхностного захоронения. Начало этапа активного ведомственного контроля ведет к принятию решений о дальнейших действиях после завершения размещения отходов, а именно о закрытии и опечатывании пункта захоронения. В настоящее

время продолжительность такого периода активного ведомственного контроля должна определяться в соответствии с подходом, который в минимальной степени (*de minimis*) ориентирован на риски, связанные с потенциальным вмешательством человека.

- Период после закрытия начинается в момент, когда все инженерные средства удержания и изоляции приведены в рабочее состояние, эксплуатационные здания и вспомогательные службы выведены из эксплуатации, а объект приобрел окончательную конфигурацию. После закрытия безопасность пункта захоронения отходов обеспечивается пассивными средствами, которыми являются изначальные характеристики площадки и объекта, а также характеристики упаковок отходов. В действие вводится программа мониторинга и надзора с целью удостовериться в том, что система захоронения функционирует как положено. Кроме того, мониторинг может проводиться для повышения доверия к процессу захоронения и, следовательно, его социальной приемлемости. В частности, на пунктах приповерхностного захоронения отходов вводятся меры ведомственного контроля для предотвращения проникновения злоумышленников на объект. В зависимости от национального законодательства действие лицензии на эксплуатацию пункта захоронения может быть прекращено после истечения периода активного ведомственного контроля при условии выполнения всех необходимых технических, юридических и финансовых требований.

1.6. Публикация категории общих требований безопасности МАГАТЭ «Радиационная защита и безопасность источников излучения: Международные основные нормы безопасности» [6] и руководство по безопасности МАГАТЭ «Мониторинг окружающей среды и источников для целей радиационной защиты» [7] содержат базовые положения по всем общим аспектам мониторинга. В частности, в [6] установлены основные требования к мониторингу облучения населения, а в [7] разбираются вопросы мониторинга в предэксплуатационный и эксплуатационный периоды, а также в период после закрытия. В последней публикации также признается необходимость мониторинга различных нерадиоактивных показателей. Данное Руководство по безопасности содержит рекомендации по выполнению требований, изложенных в [6], и дополняет руководящие указания, приведенные в [7], с особым акцентом на роли мониторинга в контексте проектирования пунктов захоронения. В части, касающейся мониторинга источников и окружающей среды, настоящее Руководство по безопасности опирается на [7].

1.7. В [6] устанавливаются требования к регулирующему контролю и мониторингу облучения населения и рисков для окружающей среды, а также требования к безопасному обращению с радиоактивными отходами.

1.8. Вопросам мониторинга пунктов захоронения и надзора за ними посвящены четыре публикации МАГАТЭ: документ № 27 Серии докладов по безопасности «Monitoring and Surveillance of Residues from the Mining and Milling of Uranium and Thorium» («Мониторинг отходов добычи и переработки урана и тория и надзор за ними») [8]; документ № 35 Серии докладов по безопасности «Surveillance and Monitoring of Near Surface Disposal Facilities for Radioactive Waste» («Мониторинг пунктов приповерхностного захоронения радиоактивных отходов и надзор за ними») [9]; документ № 64 Серии докладов по безопасности «Programmes and Systems for Source and Environmental Radiation Monitoring» («Программы и системы радиационного мониторинга источников и окружающей среды») [10]; технический документ IAEA-TECDOC-1208 «Monitoring of Geological Repositories for High Level Radioactive Waste» («Мониторинг геологических хранилищ высокоактивных радиоактивных отходов») [11]. Область применения настоящего Руководства по безопасности шире, чем у этих информационных публикаций, которые использовались в качестве источников при разработке данного Руководства по безопасности.

ЦЕЛЬ

1.9. Цель настоящего Руководства по безопасности — дать руководящие указания по мониторингу пунктов захоронения радиоактивных отходов и надзору за ними на протяжении всего срока их службы. В нем рассматриваются различные задачи, стоящие перед мониторингом и надзором на разных этапах жизненного цикла пункта захоронения — от начала работ, связанных с площадкой-кандидатом, до периода после закрытия пункта захоронения.

ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

1.10. В настоящем Руководстве по безопасности рассматриваются вопросы мониторинга и надзора в отношении пунктов захоронения трех типов:

- пунктов приповерхностного захоронения;
- пунктов геологического захоронения;

— пунктов захоронения отходов добычи и переработки полезных ископаемых.

Эти три типа пунктов захоронения охватывают все варианты захоронения, указанные в [2]. Специализированные объекты поверхностного захоронения отдельно не упоминаются, поскольку для них справедливы те же соображения, что и для пунктов приповерхностного захоронения. Кроме того, в данном Руководстве по безопасности отдельно не рассматриваются пункты скважинного захоронения. Однако к пунктам скважинного захоронения относится много соображений, аналогичных относящимся к пунктам приповерхностного или геологического захоронения радиоактивных отходов. Возможная программа надзора и мониторинга, пригодная для небольшого пункта скважинного захоронения, описана в [12].

1.11. Захоронение среднеактивных отходов на пунктах, описанных в [2], должно обеспечивать долгосрочную пассивную безопасность за счет сочетания естественных и искусственных барьеров. Общий подход к мониторингу в этом случае аналогичен системе мониторинга, используемой для глубокого геологического захоронения. Сходство между системами мониторинга захоронения среднеактивных отходов (САО) и мониторинга глубокого геологического захоронения обусловлено тем, что отходы размещаются на значительной глубине, и система мониторинга отражает совокупное долгосрочное воздействие инженерных барьеров и формаций вмещающей породы.

1.12. Как поясняется в [3], термин «приповерхностное захоронение» обычно обозначает захоронение на уровне поверхности земли или в нескольких десятках метров от нее. Термин «геологическое захоронение» обычно обозначает захоронение в глубинных, стабильных геологических формациях, обычно в нескольких сотнях метров или более под поверхностью земли. Пункты захоронения отходов горнодобывающей промышленности могут быть самыми разными по конструкции — от наземных насыпей отходов до геологических хранилищ тонких шламов (растворенных в воде тонкодисперсных отходов), которые иногда используются для засыпки старых шахт. Требуемый тип захоронения зависит от характеристик отходов и потенциального риска, который эти отходы могут представлять для окружающей среды [3]. Пригодность отходов для захоронения на конкретном пункте захоронения должна быть продемонстрирована в обосновании

безопасности и вспомогательной оценке безопасности пункта [2]. Специальная программа мониторинга и надзора является составной частью такой демонстрации.

1.13. В настоящем Руководстве по безопасности подчеркивается комплексный характер мероприятий по мониторингу и надзору, необходимых для разработки обоснования безопасности и соблюдения его положений. Обоснование безопасности содержит информацию, связанную с выбором площадки, строительством, эксплуатацией, закрытием и периодом после закрытия, которая необходима для обоснования решений по управлению программой захоронения, а также информацию, представляющую особый интерес для заинтересованных сторон, таких как местные организации и широкая общественность [2, 13]. Описание технических сторон методологий мониторинга и надзора выходит за рамки данного Руководства по безопасности, однако в [8–11] содержится такая информация, а в приложениях I и II приведены примеры программ мониторинга программ геологического и приповерхностного захоронения.

1.14. Вопросы физической ядерной безопасности в контексте мониторинга пунктов захоронения и надзора за ними выходят за рамки данной публикации. Руководящие указания по вопросам физической ядерной безопасности можно найти в публикациях Серии изданий МАГАТЭ по физической ядерной безопасности (см. [14, 15] и вспомогательные документы). Термин «надзор» в данном Руководстве по безопасности употребляется в точном соответствии со значением, приведенным в пункте 2.7; таким образом, его не следует трактовать как надзор в целях обеспечения физической безопасности. Тем не менее при разработке программ надзора в целях физической безопасности можно учитывать, что надзор за пунктами захоронения в целях обеспечения ядерной безопасности также может давать информацию, относящуюся к вопросам физической безопасности.

1.15. Настоящее Руководство по безопасности посвящено мониторингу с целью подтверждения эффективности функционирования системы захоронения, а также в целях радиационной защиты населения и охраны окружающей среды.

1.16. В данном Руководстве по безопасности специально не рассматриваются вопросы мониторинга, необходимого для решения задач в следующих областях:

- радиационная защита при профессиональном облучении (например, с помощью дозиметрии). Эта тема рассматривается в [16];
- характеристика отходов или их отслеживание;
- государственные системы учета и контроля ядерного материала или ядерные гарантии МАГАТЭ для установок, которые содержат значительные количества ядерного материала;
- социально-экономические условия (такие как демографические изменения, присутствие промышленных предприятий, торговля товарами, изменения в социальном устройстве).

Данное Руководство по безопасности также не содержит рекомендаций по мониторингу нерадиологических загрязнителей, которые могут вызывать озабоченность. Однако оператору пункта захоронения отходов при разработке программы мониторинга следует принимать во внимание такие загрязнители.

СТРУКТУРА

1.17. В разделе 2 содержится общая информация о мониторинге пунктов захоронения радиоактивных отходов и надзоре за ними и описываются общие задачи программы мониторинга и надзора. В разделе 3 рассматриваются роли и обязанности регулирующего органа и оператора в отношении мониторинга и надзора. Раздел 4 посвящен разработке программы мониторинга и содержит некоторые соображения по стратегическим вопросам мониторинга. В разделе 5 даются руководящие указания по организации мониторинга на пунктах захоронения разных типов (пунктах геологического захоронения, пунктах приповерхностного захоронения и пунктах захоронения отходов добычи и переработки). В разделе 6 говорится о мониторинге, который необходим на разных этапах создания пункта захоронения. Раздел 7 содержит конкретные указания по проведению надзорных мероприятий. Наконец, раздел 8 касается использования информации, полученной в результате мониторинга и надзора, в связи с соблюдением регулирующих положений и разработкой и совершенствованием обоснования безопасности, а в разделе 9 кратко описываются вопросы, касающиеся системы менеджмента пункта захоронения отходов. В приложении I приведен пример данных мониторинга

и надзора, собранных для нужд программы геологического захоронения. В приложении II описывается программа мониторинга и надзора для пункта приповерхностного захоронения, а точнее для установки по переработке и захоронению радиоактивных отходов в местечке Пюшпёксиладь, эксплуатируемой Венгерской национальной компанией по обращению с радиоактивными отходами (ПУРАМ).

2. ОБЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ О МОНИТОРИНГЕ И НАДЗОРЕ

2.1. В различных публикациях МАГАТЭ даются разные определения термина «мониторинг» [6–11]. В контексте настоящего Руководства по безопасности термин «мониторинг» означает непрерывные или периодические наблюдения и измерения, дающие возможность оценить поведение компонентов системы захоронения отходов и воздействие системы захоронения отходов на население и окружающую среду. Точнее говоря, он подразумевает измерение радиологических, экологических и инженерно-технических параметров.

2.2. Кроме того, при разработке программы мониторинга может быть принята во внимание необходимость учета опасений, выражаемых общественностью, а также ее ожиданий.

2.3. В п. 5.4 [2] указывается: «Программы мониторинга составляются и осуществляются таким образом, чтобы общий уровень безопасности после закрытия установки не снижался».

2.4. Программу мониторинга следует разрабатывать в соответствии с дифференцированным подходом. Это означает, что объем программы мониторинга должен быть соизмерим с уровнем риска, связанного с пунктом захоронения.

2.5. Необходимо, чтобы продолжительность и частота мониторинга соответствовали временному масштабу, в котором происходят естественные вариации процессов и измеряемых параметров, установленных в регулирующих требованиях, и изменениям в процессах и параметрах, связанных со строительством и эксплуатацией пункта захоронения отходов.

2.6. Обоснование безопасности, как правило, подкрепляется данными из ряда источников, в том числе данными измерений на конкретной площадке, региональными данными и информацией общего характера. В большинстве случаев предпочтение отдается данным, относящимся к конкретной площадке. Когда они отсутствуют, соответствующие данные мониторинга могут быть получены из других источников.

2.7. В контексте настоящего Руководства по безопасности термин «надзор» означает физический осмотр пункта захоронения отходов с целью убедиться в целостности защитных барьеров.

2.8. Надзорные мероприятия выполняются на периодической основе для подтверждения по результатам осмотра того, что конструкции, системы и элементы продолжают функционировать так, как описано в обосновании безопасности. В этом отношении функция надзора заключается в содействии обнаружению изменений в инженерных конструкциях и системах пункта захоронения, которые могут негативно повлиять на характеристики системы захоронения.

2.9. «При необходимости и по мере возможности следует предусматривать и вводить в действие программу эксплуатационного надзора на объекте. В нее следует включать плановую деятельность, осуществляемую с целью проверки функционирования объекта в соответствии с проектными пределами и условиями, а также с целью выявления деградации конструкций, систем и элементов, которая может повлечь за собой возникновение небезопасных условий» [17].

2.10. В некоторых государствах не проводится различия между концепциями мониторинга пунктов захоронения отходов и надзора за ними.

ОБЩИЕ ЗАДАЧИ МОНИТОРИНГА ПУНКТОВ ЗАХОРОНЕНИЯ И НАДЗОРА ЗА НИМИ

2.11. Мониторинг необходим для оценки изменений в фактическом состоянии объекта либо в процессах или параметрах, которые могут повлиять на его состояние. Требование 21 [4] гласит:

«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».

2.12. Кроме того, в требовании 10 [4] говорится:

«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».

2.13. Мониторинг пунктов захоронения радиоактивных отходов и надзор за ними выполняются для решения пяти общих задач:

- i) продемонстрировать соблюдение регулирующих требований и условий лицензии;
- ii) убедиться в том, что система захоронения работает должным образом, как предусмотрено в обосновании безопасности. Это означает, что компоненты системы захоронения выполняют свои функции так, как это определено в оценке безопасности;
- iii) убедиться в том, что ключевые допущения и модели, использованные в оценке безопасности, соответствуют фактическим условиям;
- iv) создать базу данных о пункте захоронения отходов, площадке и прилегающей территории. Эта база данных используется для обоснования решений, которые предстоит принять в будущем при переходе от выбора площадки к строительству, эксплуатации, закрытию и периоду после закрытия. Кроме того, такая база данных используется для обоснования решений, касающихся актуализации концепций и процедур мониторинга;
- v) обеспечить информирование общественности.

2.14. В целом, программы мониторинга и надзора следует разрабатывать исходя из обоснования безопасности и, в свою очередь, использовать их для его подготовки. Результаты реализации этих программ следует использовать для усиления аргументации в обосновании безопасности и создания уверенности в безопасности объекта.

2.15. В период между принятием решения о создании пункта захоронения отходов и его закрытием потребуется принимать решения о целесообразности, формах и сроках выдачи лицензии и реализации различных этапов жизненного цикла пункта. Одной из целей мониторинга и надзора, а также анализа данных является предоставление информации, которая поможет в принятии этих решений. На принятие решений сильно влияют общественные и политические факторы, а также вопросы безопасности, и этот процесс будет являться неотъемлемой частью национальной нормативно-правовой системы. Процесс принятия решений должен быть подкреплён надлежащей организационной структурой и соответствующими техническими и административными мерами.

2.16. Программу мониторинга и надзора следует использовать для подтверждения того, что эксплуатация объекта не снижает эффективности инженерных и естественных барьеров.

2.17. Помимо решения технических задач, программа мониторинга и надзора может быть подходящим инструментом для повышения уровня общественного доверия. В этом смысле учёт общественных и социально-экономических интересов и опасений заинтересованных сторон может дать полезную дополнительную информацию для программы мониторинга.

2.18. Мониторинг предполагает поиск компромисса между преимуществами получения информации о поведении определенных компонентов пункта захоронения и тем ущербом, который может нанести такой мониторинг. Общей чертой многих исследований, связанных с поведением инженерных барьеров и естественными изменениями окружающей среды вокруг пункта захоронения, является то, что такие измерения могут нежелательным образом повлиять на систему захоронения. В течение эксплуатационного периода, когда к отходам имеется прямой доступ, преимущества, получаемые в результате мониторинга, следует соотносить с угрозой дополнительного радиационного облучения эксплуатационного персонала и вероятностью возникновения обычных аварий [18].

3. ОБЯЗАННОСТИ ОПЕРАТОРА И РЕГУЛИРУЮЩЕГО ОРГАНА

ОБЯЗАННОСТИ ОПЕРАТОРА

3.1. Оператор пункта захоронения отходов отвечает за выполнение мероприятий, перечисленных в пункте 3.2. Если во время эксплуатации или после закрытия объекта происходит передача обязанностей другой стороне, новому оператору также необходимо принять меры для продолжения выполнения программ мониторинга и надзора, в том числе в период после закрытия, в соответствии с национальными регулирующими требованиями и правилами.

3.2. Что касается обязанностей, связанных с мониторингом и надзором, то оператору необходимо:

- a) разработать программу мониторинга и надзора (включая ведение и архивирование учетных документов), которая отвечает требованиям, установленным регулирующим органом. Эта программа должна составляться и уточняться в течение предэксплуатационного, эксплуатационного периода и периода после закрытия объекта, и ее следует соответствующим образом адаптировать к каждому из этих периодов;
- b) по согласованию с регулирующим органом осуществлять надлежащий мониторинг и надзор в следующих формах:
 - i) мониторинг исходного состояния до и во время строительства, а также в предэксплуатационный период;
 - ii) своевременное обнаружение любых отклонений от нормы в работе системы в течение эксплуатационного периода и периода после закрытия объекта;
- c) разработать планы противоаварийных мероприятий для устранения непредвиденного или ненормального поведения системы и согласовать эти планы с ответственными органами, привлекаемыми в случае ядерной или радиологической аварийной ситуации, включая службы реагирования за пределами площадки;
- d) периодически информировать регулирующий орган о состоянии программы мониторинга и надзора; предоставлять регулирующему органу доказательства того, что мониторинг и контроль пункта захоронения отходов осуществляются надлежащим образом; при обнаружении непредвиденных или опасных обстоятельств

незамедлительно ставить о них в известность ответственный регулирующий орган, организацию или учреждение с указанием места и времени возникновения таких обстоятельств;

- е) фиксировать, сохранять, актуализировать данные, получаемые в результате мониторинга и надзора, и управлять ими;
- ф) при определении концепции во время предэксплуатационного периода обеспечить наличие финансовых гарантий для выполнения мониторинга и надзора.

ОБЯЗАННОСТИ РЕГУЛИРУЮЩЕГО ОРГАНА

3.3. Регулирующий орган должен установить необходимые требования к реализации программы мониторинга пункта захоронения и надзора за ним и нести ответственность за выполнение мероприятий, перечисленных в п. 3.4. Оператору пункта захоронения нужно дать необходимые указания, позволяющие разработать программы мониторинга и надзора на всех этапах процесса захоронения. Такие руководящие указания должны содержать рекомендации по продолжительности мониторинга и надзора в период после закрытия объекта. В регулирующей основе должно быть предусмотрено создание соответствующего механизма выделения достаточных финансовых средств на осуществление программы мониторинга и надзора.

3.4. Что касается конкретных обязанностей, связанных с мониторингом и надзором, то регулирующему органу необходимо:

- а) периодически пересматривать действующие правила мониторинга и надзора, программы мониторинга и надзора и механизмы отчетности, включая механизмы мониторинга в аварийных ситуациях. Сроки проведения такого пересмотра должны быть достаточно гибкими, чтобы можно было учитывать изменения, обусловленные научно-техническим прогрессом в соответствующих областях и требованиями регулирующего органа;
- б) анализировать данные мониторинга и надзора, предоставленные оператором, на соответствие установленным требованиям;
- с) удостоверяться в том, что оператор осуществляет мониторинг и контроль пункта захоронения отходов надлежащим образом, что может предполагать независимое проведение мониторинга и надзора. В определенной степени и без ущерба для ее независимости программа мониторинга регулирующего органа должна быть согласована и совместима со стратегией мониторинга оператора в части, касающейся

безопасности (как долгосрочной, так и эксплуатационной) и практических моментов, связанных с управлением процессом захоронения (включая демонтаж аппаратуры мониторинга);

- d) обеспечить наличие в предэксплуатационный период финансовых гарантий для осуществления мониторинга и надзора в долгосрочной перспективе.

3.5. Используя прозрачный и поддающийся проверке процесс, который подлежит независимому контролю, правительство или регулирующий орган могут делегировать выполнение конкретных задач по мониторингу источников и окружающей среды, а также по надзору другим организациям. При принятии решения о делегировании конкретных задач другим организациям регулирующему органу следует должным образом учитывать наличие квалифицированного и опытного персонала, соответствующих аналитических методов и оборудования, а также надлежащей системы менеджмента. Могут быть делегированы, к примеру, следующие задачи:

- a) разработка и осуществление программ мониторинга источников и окружающей среды, таких как программы, проводимые для оценки совокупного радиологического воздействия нескольких или взаимосвязанных объектов на одни и те же районы и одни и те же группы населения;
- b) оценка доз облучения лиц из населения с целью удостовериться в том, что они не превышают пределов, предусмотренных в лицензии;
- c) задачи, связанные с безопасностью и аварийным реагированием.

3.6. Другим организациям также может быть поручено решение задач в других областях, связанных с мониторингом, например:

- a) сбор и хранение данных, предоставляемых оператором, государственными учреждениями или международными учреждениями;
- b) мониторинг окружающей среды на национальном уровне;
- c) установление стандартов.

Регулирующему органу следует поддерживать надлежащую связь с этими организациями.

3.7. Следует предусмотреть возможность организации оперативного и широкомасштабного мониторинга в случае аварии. Такой мониторинг может осуществляться уполномоченной организацией, обладающей

необходимыми возможностями, либо самим регулирующим органом. Требуемый мониторинг может включать мониторинг источника (мониторинг у источника выброса), мониторинг окружающей среды (мониторинг вблизи объекта) и индивидуальный мониторинг (мониторинг индивидуального облучения) [7].

4. РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ МОНИТОРИНГА

4.1. Программа мониторинга пунктов захоронения отходов должна быть нацелена на решение задач, изложенных в разделе 2. В нее нужно включить программы мониторинга источников и окружающей среды для оценки облучения населения и воздействия на окружающую среду, а также потенциальных путей распространения выбросов. Общие аспекты мониторинга источников и окружающей среды для пунктов захоронения отходов описаны в [7]. В программу мониторинга необходимо включить оценку эффективности системы захоронения в периоды эксплуатации и после закрытия.

4.2. Для разработки программы мониторинга в целях подтверждения эффективности функционирования пункта захоронения следует использовать обоснование безопасности. Необходимо отслеживать реакции системы захоронения и сравнивать результаты с прогнозами, сделанными в оценке безопасности, чтобы продемонстрировать качество данных характеристики площадки и подтвердить предположения и модели, используемые в обосновании безопасности.

4.3. Данные, поступающие в процессе реализации программы мониторинга, следует оперативно анализировать, чтобы операторы и лица, принимающие решения, получали своевременную информацию об управлении пунктом захоронения. В частности, через определенные промежутки времени в регулирующий орган необходимо направлять сводную информацию о результатах мониторинга и их интерпретации, и регулирующий орган следует незамедлительно информировать о любых непредвиденных результатах, которые могут повлиять на безопасность (например, о данных, указывающих на значительное повышение уровня радиации в окружающей среде, или данных, свидетельствующих о том, что система захоронения может работать с нарушением проектных параметров).

4.4. Программу мониторинга следует разрабатывать в соответствии с дифференцированным подходом. Это означает, что объем программы мониторинга должен быть соизмерим с уровнем риска, связанного с пунктом захоронения. Соответственно, наиболее значительные усилия следует сосредоточить в областях, в которых последствия неисправности или отказа какого-либо компонента могут повлиять на безопасность, или в областях, в которых можно легко обнаружить ненормальное или непредвиденное поведение пункта захоронения.

4.5. При разработке программы мониторинга следует использовать метод оптимизации, учитывающий затраты на мониторинг и пользу от него. На стоимость мониторинга влияют его объем и продолжительность — как прямо (затраты на оборудование для мониторинга и деятельность по мониторингу, а также на снижение всех сопутствующих рисков для работников), так и косвенно (затраты на обслуживание и эксплуатацию объекта таким образом, чтобы такую деятельность можно было осуществлять). При определении затрат на мониторинг следует провести оценку финансовых рисков, связанных с отсутствием важной информации, которое может привести к сбою в работе или невозможности извлечения отходов. Пользу от мониторинга следует также соотносить с любым ущербом, который может возникнуть в результате его осуществления.

4.6. Важной частью поэтапной разработки программы мониторинга является первоначальная оценка для определения того, что необходимо знать и как эти знания могут быть получены. В целом, программа мониторинга должна предусматривать следующее:

- определение и обоснование выбора свойств, процессов, явлений и наблюдаемых величин, которые имеют значение для обоснования безопасности;
- определение объема и целей программы мониторинга;
- установление процессов независимой оценки программы мониторинга;
- определение и обоснование выбора используемых методов на основе свойств, процессов, явлений и наблюдаемых величин, значимых для обоснования безопасности, объема и целей программы мониторинга, а также имеющейся технологии мониторинга и ее характеристик;
- установление процесса проверки квалификации и сертификации поставщиков оборудования;
- определение и обоснование выбора мест проведения измерений;

- определение и обоснование выбора продолжительности и частоты мониторинга, включая условия, при которых мониторинг может быть сокращен или прекращен;
- определение и обоснование выбора используемой аппаратуры (на основе ее точности, диапазона измерений и т.д.);
- оценку надежности технологии мониторинга в течение соответствующего периода проведения измерений;
- для каждого типа мониторинга — уточнение того, как будут использоваться и передаваться результаты;
- установление уровней принятия мер на основе действующих регулирующих положений и допущений и моделей, используемых в обосновании безопасности;
- принятие решений о том, какие действия следует предпринять в случае превышения уровней принятия мер;
- разработку требований к управлению и представлению отчетности о результатах мониторинга;
- сопоставление пользы от мониторинга с затратами на него, а также с любым ущербом, который может возникнуть в результате осуществления мониторинга (см. пункт 4,5);
- определение допустимых диапазонов (допусков) для результатов мониторинга и разработку четкого плана действий на случай, если какие-либо полученные результаты выходят за пределы этих диапазонов;
- разработку процедур демонтажа контрольно-измерительной аппаратуры;
- создание надлежащей системы документирования и архивирования данных мониторинга.

4.7. На разработку программы мониторинга влияют следующие ключевые технические факторы:

- общий объем отходов;
- характеристики отходов;
- тип и устройство пункта;
- характеристики площадки;
- этап жизненного цикла пункта.

4.8. Эти факторы влияют на пути утечки, объем утечки и периоды времени, в течение которых ожидается утечка радионуклидов и других загрязняющих веществ с пункта захоронения. Особые эксплуатационные требования к форме отходов и другим инженерным барьерам могут стать

причиной установления конкретных целей мониторинга в отношении эксплуатационной безопасности или безопасности после закрытия. Кроме того, программа мониторинга должна быть направлена на оценку того, могут ли изменения в состоянии окружающей среды, связанные со строительством пункта захоронения отходов, привести к снижению благоприятных свойств окружающей среды.

4.9. Общая цель программ мониторинга в предэксплуатационный период заключается в сборе исходных данных об уже существующих уровнях загрязняющих веществ, оценке воздействия системы захоронения отходов и определении параметров, которые могут характеризовать функционирование системы в период после закрытия. Программы характеристики площадки (проводимые в предэксплуатационный период), как правило, имеют целью установление естественных характеристик явлений, событий и процессов, происходящих в окружающей среде пункта захоронения (например, колебания уровня грунтовых вод), которые могут существенно повлиять на проектирование пункта и его последующее функционирование в краткосрочной (т.е. в период эксплуатации) и долгосрочной (в период после закрытия) перспективе. В этой связи программа мониторинга должна быть тесно увязана с обоснованием безопасности и вспомогательной оценкой безопасности, а также с процедурами строительства и эксплуатации. Исходные данные следует собирать таким образом, чтобы они давали возможность выявления тенденций. Кроме того, необходимо, чтобы исходные данные давали возможность оценки воздействия объекта по мере его эволюции с течением времени; затем эта информация может использоваться для актуализации обоснования безопасности.

4.10. Знание путей утечки может помочь в разработке программы мониторинга, ориентированной на обнаружение миграции радионуклидов в доступную окружающую среду. Прогнозы переходных явлений, таких как снижение уровня грунтовых вод, связанное с экскавацией и эксплуатацией пункта захоронения, и восстановление уровня грунтовых вод, связанное с закрытием пункта захоронения, а также гидрохимические изменения, сопутствующие обоим переходным явлениям, также являются важными исходными данными для мониторинга.

4.11. Мониторинг следует проводить в зонах, которые предположительно загрязнены долгоживущими радионуклидами [7]. Целью такого мониторинга является сбор данных для обоснования принятия решений о целесообразности вмешательства и необходимости дальнейшего мониторинга. Если результаты показывают, что, исходя из уровней

вмешательства и действий, установленных национальными органами, может потребоваться принятие восстановительных мер, следует провести надлежащий мониторинг, чтобы помочь в определении необходимых действий. Кроме того, мониторинг необходимо проводить во время и после принятия восстановительных мер для оценки их эффективности.

4.12. Поскольку планы мониторинга должны охватывать все этапы проекта захоронения отходов, они должны быть достаточно гибкими, чтобы учитывать разный временной масштаб деятельности по выбору площадки, строительству, эксплуатации и закрытию отдельных частей объекта или всего объекта. Такая гибкость должна давать возможность учета опыта прошлой деятельности, адаптации к новой технологии и реагирования на новые регулирующие требования, изменения проекта и т.д., одновременно обеспечивая сохранение непрерывности знаний и сопоставимости данных. Она также должна давать возможность проведения дополнительного мониторинга при возникновении сомнений в эффективности функционирования пункта захоронения. Помимо этого, следует учитывать и международный опыт в области мониторинга. Руководящие указания по проведению мониторинга и его задачам на каждом из трех основных этапов жизненного цикла пункта захоронения приведены в разделе 6.

4.13. На всех этапах жизненного цикла пункта захоронения технологические реалии ограничивают надежность и объем данных, которые могут быть получены в результате мониторинга. Кроме того, определенные физические особенности и ограничения, характерные для разных типов объектов, такие как необходимый ресурс аппаратуры мониторинга и источников питания, неизбежно налагают ограничения на то, чего можно ожидать от мониторинга.

4.14. При разработке и реализации программы мониторинга следует учитывать технические ограничения, налагаемые условиями и средой, в которой осуществляется мониторинг. На практике мониторинг основывается на показаниях установленной на площадке или дистанционной аппаратуры (например, датчиков), данных визуальных осмотров, отборе и анализе проб, а также на анализе и интерпретации данных для обеспечения того, чтобы информация, полученная в результате мониторинга, давала объективную картину поведения системы захоронения и ее воздействия на здоровье людей и окружающую среду.

4.15. Во многих случаях прямые измерения ключевых параметров или явлений невозможны. Вместо этого необходимо использовать косвенные методы. Мониторинг одного параметра может предполагать интерпретацию результатов многих отдельных измерений (например, скорости потока подземных вод, влажности почв, суточных осадков) за разные периоды времени. Например, региональные данные о скорости потока грунтовых вод и свойствах материала, таких как проницаемость и гидравлическая проводимость, выводятся из измерений напора и точечных измерений. Дополнительные сложности возникают с измерениями, которые необходимо проводить на больших глубинах под поверхностью земли, в условиях действия сильного радиационного поля или в других ситуациях, затрудняющих доступ. Аналогичным образом, может быть проще замерить температурный градиент, чем относительную насыщенность набухающего глинистого буфера или вмещающей породы. Теплопроводность и, в конечном счете, относительное насыщение затем могут быть выведены из данных измерений температурного градиента. Другим примером неинтрузивного мониторинга является применение беспроводной передачи сигнала, хотя эта технология все еще находится на стадии разработки для применения на пунктах захоронения отходов. Мониторинг на альтернативном объекте с аналогичными характеристиками, на демонстрационном или «пилотном» пункте захоронения также может дать полезную информацию.

4.16. Проведение мониторинга не должно вести к снижению эффективности барьеров. Поэтому при разработке программы мониторинга следует учитывать необходимость последующего демонтажа контрольно-измерительной аппаратуры. Особое внимание следует уделить целесообразности демонтажа устройств и кабелей, который может привести к вредным последствиям (например, за счет попадания в систему материалов, которые могут химически взаимодействовать с компонентами системы), а также надлежащей герметизации отверстий, через которые велся мониторинг, чтобы избежать образования преимущественных путей утечки. Необходимо продемонстрировать либо соответствие данному требованию всех остающихся физических соединений (таких как проводка), либо возможность удаления таких соединений после завершения мониторинга без нарушения барьеров.

4.17. Другие возможные негативные последствия мониторинга включают [18]:

- деградацию барьеров из-за несвоевременной установки инженерных барьеров;
- образование путей утечки через систему барьеров, ведущее к усилению потока подземных вод внутри пункта захоронения;
- изменение геохимических условий ввиду длительного пребывания подземных выработок в открытом состоянии;
- повышение вероятности проникновения человека, особенно если подземное сооружение остается открытым, а ведомственный контроль прекращен.

Таким образом, мониторинг — это поиск компромисса между пользой от получения информации и вредом, который может нанести мониторинг.

4.18. Места для проведения мониторинга следует выбирать с таким расчетом, чтобы неопределенности в пространственной корреляции значений параметров были снижены до приемлемого уровня и тем самым была обеспечена максимальная достоверность результатов моделирования процессов движения и переноса. Такой выбор может быть сделан с помощью различных статистических методов. Например, скважины для мониторинга подземных вод, как правило, размещаются в следующих местах:

- у источника и непосредственно по нисходящему градиенту источника;
- в зонах с высокой проницаемостью или гидравлической проводимостью или в зонах с самыми высокими концентрациями загрязняющих веществ;
- в краевых частях и на границе шлейфа загрязнения;
- в зонах, показательных с точки зрения загрязненной и незагрязненной геохимической среды;
- в зонах, где организуется мониторинг гидрогеологических параметров площадки;
- в местах, которые отвечают требованиям регулирующего органа.

4.19. Надлежащая частота мониторинга может быть определена на основе скорости, с которой, по прогнозам, меняются уровни концентрации загрязняющих веществ в результате таких явлений, как движение подземных вод и естественные процессы уменьшения загрязнений, той степени, в которой известны причины этой изменчивости, типов оценок, которые необходимо выполнить, местоположения возможных рецепторов,

а также задач восстановительных мероприятий на площадке. В ситуациях, когда гидрологические, геохимические тенденции и тенденции загрязнения стабильны, а концептуальная модель площадки может быть подтверждена имеющимися данными мониторинга, возможно сокращение частоты мониторинга. В ситуациях, когда изменчивость высока, может быть оправдано увеличение частоты мониторинга. Если тенденции в изменении данных стабильны на протяжении нескольких лет, возможно сокращение частоты мониторинга. С другой стороны, например, более частый мониторинг уровней подземных вод, особенно при установлении исходных условий, может быть целесообразен для улучшения характеристики моделей движения подземных вод. К другим факторам, которые нужно учитывать при определении надлежащей частоты мониторинга, относятся релевантность параметров и избыточность информации. Если ожидается, что мониторинг определенного параметра не окажет существенного влияния на оценку характеристик площадки, то частота мониторинга данного параметра может быть значительно снижена либо мониторинг такого параметра может быть и вовсе прекращен.

4.20. В программе мониторинга следует учитывать все этапы жизненного цикла объекта, и она должна разрабатываться и рассматриваться на ранних этапах создания пункта захоронения и, при необходимости, утверждаться регулирующим органом с учетом социально-экономических потребностей государства. Реализацию программы мониторинга следует начинать как можно раньше на этапе первоначального выбора площадки; она должна постоянно развиваться на этапах строительства, эксплуатации и закрытия объекта и использоваться для сбора и актуализации данных, включаемых в обоснование безопасности и вспомогательную оценку безопасности объекта, как описано в разделе 6. Наряду с этим необходимо, чтобы регулирующий орган периодически пересматривал программу мониторинга. Когда это возможно и необходимо, следует обновлять и модернизировать технологию мониторинга.

4.21. При разработке программы мониторинга следует учитывать необходимость проверки достоверности данных мониторинга при помощи достаточного объема информации из других источников, независимой проверки значений, надежного оборудования и эффективного проектирования, а также, насколько это возможно, использования природных аналогов. Например, природные аналоги могут дать информацию для изучения эволюции природных систем и поведения материалов в течение длительного времени (например, существуют природные аналоги для коррозии металлов). Это может помочь в интерпретации результатов

мониторинга, касающихся, например, продуктов коррозии в воде, являющейся объектом мониторинга. Кроме того, при мониторинге заданного параметра важно четко понимать, какого типа результатов следует ожидать и как будут интерпретироваться результаты мониторинга, и информировать об этом регулирующий орган и заинтересованные стороны. Для оценки неопределенностей необходимо указывать диапазоны ожидаемых значений.

4.22. Решение относительно объема и продолжительности мониторинга после закрытия объекта должно основываться на следующем:

- а) типе пункта захоронения и его потенциальной опасности с течением времени, которая зависит от наличия долгоживущих радионуклидов;
- б) уверенности в эффективном функционировании пункта захоронения, основанной на ранее полученных результатах мониторинга данного пункта;
- в) обоснованности допущений относительно продолжительности организационной стабильности и длительности «организационной и общественной памяти», а также способности обеспечивать постоянный мониторинг и техническое обслуживание.

4.23. Цель заключается в обеспечении постоянного мониторинга и технического обслуживания оборудования, если это возможно, в период после закрытия объекта. Поскольку с течением времени неопределенности возрастают, особенно в отношении организационной стабильности и непрерывности знаний, следует ожидать, что мониторинг после закрытия объекта будет сокращен в объеме или вовсе прекращен запланированным или незапланированным образом.

4.24. После закрытия мониторинг может быть продолжен с целью оценки общих характеристик пункта захоронения и периодической оценки его потенциального воздействия на население и окружающую среду. Вместе с тем следует признать, что должным образом спроектированные пункты захоронения вряд ли станут причиной значительных выбросов в биосферу в краткосрочной перспективе, т.е. в течение нескольких сотен лет для наземных хранилищ и нескольких тысяч лет для пунктов геологического захоронения, что и без того превышает любой срок, в течение которого можно обоснованно рассчитывать на проведение постоянного мониторинга.

4.25. В целях обеспечения прозрачности при разработке программы мониторинга необходимо продумать, каким образом ее результаты будут доводиться до сведения общественности. Прозрачность предполагает ответственность за обеспечение четкой интерпретации результатов и разъяснение условий, в которых выполнялись измерения.

4.26. Кроме того, данные мониторинга могут указывать на необходимость проведения расследования фактических или потенциальных проблем с безопасностью на пункте захоронения. Если данные мониторинга свидетельствуют о наличии непредвиденных изменений, влияющих на безопасность, может потребоваться пересмотр обоснования безопасности и программы мониторинга, а также принятие соответствующих корректирующих мер.

5. МОНИТОРИНГ РАЗНЫХ ТИПОВ ПУНКТОВ ЗАХОРОНЕНИЯ

5.1. Цели программы мониторинга и большинство рекомендаций, содержащихся в данном Руководстве по безопасности, одинаковы для трех типов пунктов захоронения отходов, описанных в пункте 1.10, а именно для пунктов приповерхностного захоронения, пунктов геологического захоронения и пунктов захоронения отходов добычи и переработки полезных ископаемых. Однако применение дифференцированного подхода обуславливает различия в практической реализации отдельных программ мониторинга.

ПУНКТЫ ПРИПОВЕРХНОСТНОГО ЗАХОРОНЕНИЯ

5.2. Как правило, отходами, пригодными для захоронения в пунктах приповерхностного захоронения, являются низкоактивные отходы (НАО) [3]. НАО содержат столь незначительные количества долгоживущих радионуклидов, что их надежное удержание и изоляция требуются в течение непродолжительных периодов времени, как правило, до нескольких сотен лет. Стратегия менеджмента в данном случае заключается в изоляции отходов до тех пор, пока их активность не снизится в результате распада до достаточно низких уровней для того, чтобы риск миграции остаточных радионуклидов после окончательной деградации

пункта захоронения мог считаться приемлемым. В этом отношении подход к захоронению аналогичен подходу к геологическому захоронению отходов, содержащих большое количество долгоживущих радионуклидов, но рассматриваемые сроки короче. Деятельность по мониторингу, связанная с пунктами приповерхностного захоронения отходов, содержащих НАО, направлена на обеспечение уверенности в работоспособности системы в течение сотен лет. Примерами связанных с безопасностью явлений, событий и процессов для пунктов приповерхностного захоронения, которые на практике могут быть обнаружены с помощью мониторинга, являются любые утечки радионуклидов в подземные воды или в окружающую среду и проникновение на объекты людей или животных.

ПУНКТЫ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ЗАХОРОНЕНИЯ

5.3. Геологическое захоронение подходит для таких отходов, как САО и высокоактивные отходы (ВАО), которые требуют большей степени локализации и изоляции от доступной окружающей среды для обеспечения долгосрочной безопасности. Например, радиоактивные отходы, содержащие долгоживущие радионуклиды, и отходы с достаточно высокими уровнями активности для того, чтобы выделять значительное количество тепла в результате радиоактивного распада, такие как отработавшее ядерное топливо (когда оно считается отходами) или ВАО, образующиеся в результате переработки, как правило, помещаются в глубинные геологические хранилища, оборудованные инженерными барьерами, которые будут препятствовать миграции загрязняющих веществ в окружающую геосферу на протяжении срока, исчисляемого тысячами лет. Используемая стратегия безопасности заключается в изоляции радиоактивного материала в течение достаточного периода времени для того, чтобы любая утечка в биосферу происходила медленным и контролируемым образом. В этом случае мониторинг направлен на обеспечение уверенности в надежности системы удержания. Мониторинг после закрытия объекта, когда его выполнение требуется и предусмотрено регулирующим органом, может быть направлен на обнаружение присутствия радионуклидов в окружающей среде. Поскольку утечки в окружающую среду на раннем этапе крайне маловероятны, такого рода мониторинг имеет целью главным образом успокоение общественности, а не обеспечение эффективного функционирования системы захоронения. Примерами связанных с безопасностью явлений, событий и процессов

для пунктов глубокого геологического захоронения, которые на практике могут быть обнаружены с помощью мониторинга, являются образование коррозионных газов, приток воды и проникновение человека.

ПУНКТЫ ЗАХОРОНЕНИЯ ОТХОДОВ ДОБЫЧИ И ПЕРЕРАБОТКИ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

5.4. Отходы добычи и переработки полезных ископаемых, как правило, размещаются на поверхности земли или вблизи нее, но способ и большие объемы образования этих отходов, их физико-химическая форма и содержание в них долгоживущих радионуклидов природного происхождения отличают данный вид отходов от других радиоактивных отходов. Эти отходы, как правило, стабилизируются на месте и покрываются различными слоями породы и почвы. Такие системы захоронения невозможно спроектировать так, чтобы обеспечить абсолютную изоляцию на постоянной основе, и поэтому стратегия состоит в контроле утечек радионуклидов в окружающую среду во избежание неприемлемых дозовых нагрузок. Среди рисков, связанных с этим типом пунктов захоронения, преобладают риски химической и физической природы, такие как долгосрочная утечка потенциально токсичных элементов и разрушение строительных конструкций пункта захоронения. В результате больше внимания будет уделяться присутствию радионуклидов и связанных с ними химических веществ в окружающей среде, которое служит надежным показателем эффективности системы захоронения.

5.5. Программа мониторинга пункта захоронения радиоактивных материалов природного происхождения (РМПП) аналогична программе мониторинга пункта захоронения отходов добычи урана или тория.

6. МОНИТОРИНГ НА РАЗНЫХ ЭТАПАХ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ПУНКТА ЗАХОРОНЕНИЯ

6.1. На протяжении жизненного цикла (см. рис. 1) пункта захоронения цели его мониторинга меняются следующим образом:

- установление исходного состояния;
- мониторинг поведения барьеров системы захоронения и происходящих в них изменений:
 - изменений упаковок отходов;
 - локальных химических и физических изменений, вызванных строительством пункта захоронения и взаимодействием между искусственно привнесенными материалами, подземными водами и вмещающей породой;
 - химических и физических изменений в окружающей геосфере и в атмосфере;
 - изменений в используемых защитных и герметизирующих материалах;
- мониторинг переноса радионуклидов и утечки радионуклидов в биосферу;
- формирование базы данных об окружающей среде.

6.2. Примеры параметров, являющихся объектом мониторинга, по каждой из этих целей приведены в приложении I вместе с указанием этапа жизненного цикла пункта захоронения, на котором может применяться каждый тип мониторинга. Техническая сложность программы мониторинга варьируется в зависимости от типа пункта захоронения и связанного с ним риска. Для пункта приповерхностного захоронения список параметров, подлежащих мониторингу, будет, как правило, короче, чем в примере, приведенном в приложении I. Пример программы мониторинга для пункта приповерхностного захоронения приведен в приложении II.

МОНИТОРИНГ В ПРЕДЭКСПЛУАТАЦИОННЫЙ ПЕРИОД

6.3. До начала строительства программу мониторинга необходимо нацелить на установление исходного состояния площадки. Во время строительства (но до начала эксплуатации) мониторинг следует использовать для оценки текущего воздействия строительных работ на население и окружающую среду, документирования исходного состояния

сооружения и содействия обеспечению того, чтобы его характеристики отвечали требованиям регулирующего органа и требованиям безопасности. В предэксплуатационный период программа мониторинга выполняется в следующих целях:

- содействие оценке пригодности площадки;
- предоставление исходных данных для проектирования объекта;
- предоставление исходных данных, необходимых для обоснования безопасности в периоды эксплуатации и после закрытия;
- установление исходных условий для сравнения с результатами последующего мониторинга;
- оказание помощи в разработке программы мониторинга на период эксплуатации.

6.4. Обоснование безопасности и вспомогательная оценка безопасности, а также оценка воздействия на окружающую среду являются теми многократно повторяющимися действиями, которые необходимы для постепенного улучшения понимания технических аспектов системы захоронения и определения новых данных мониторинга, которые должны быть собраны. По мере успешного повторения обоснования безопасности и оценки безопасности, а также по мере выявления или решения ключевых проблем систему мониторинга следует корректировать с учетом потребностей оценки безопасности. И наоборот, при выявлении новой информации на основании данных мониторинга может потребоваться актуализация сценариев, концептуальных моделей или параметров, используемых в рамках демонстрации безопасности. Постепенная корректировка оценки безопасности и связанного с ней мониторинга — двух процессов, направленных на снижение неопределенности — является ключевой особенностью методологического подхода к оценке безопасности.

6.5. Мониторинг исходного состояния связан с измерением начальных значений параметров, которые будут в дальнейшем контролироваться путем непрерывных или периодических наблюдений. В мониторинг исходного состояния входит определение условий и параметров, представляющих потенциальный интерес с точки зрения фундаментальных наук о земле, проектирования и окружающей среды, а также для создания информационной основы для оценки эксплуатационной безопасности пункта захоронения и оценки его безопасности после закрытия. Например, мониторинг исходного состояния используется для оценки изменений, происходящих в горных породах и системе подземных вод на этапах строительства и эксплуатации, а на этапе после закрытия — для оценки

Мониторинг исходного состояния — для сбора данных в целях обоснования процесса оценки площадки и для определения важных явлений, событий и процессов для первой оценки безопасности.

Мониторинг построенного пункта — для оценки соблюдения регулирующих требований, для содействия эксплуатационной деятельности и разработке обоснования безопасности для последующих этапов лицензирования. На этом этапе могут потребоваться дополнительные измерения.

Мониторинг работающего пункта — для оценки соблюдения регулирующих требований и содействия разработке обоснования безопасности для последующих этапов лицензирования.

Мониторинг в целях закрытия — для оценки соблюдения регулирующих требований, для обоснования работ по закрытию и последующего мониторинга на этапе после закрытия. На этом этапе может потребоваться прекращение одних и выполнение других, дополнительных измерений.

Мониторинг функционирования пункта захоронения после закрытия (если применимо) — для оценки соблюдения регулирующих требований и обоснования последующих решений (например, о свертывании деятельности по мониторингу, освобождении объекта от регулирующего контроля).

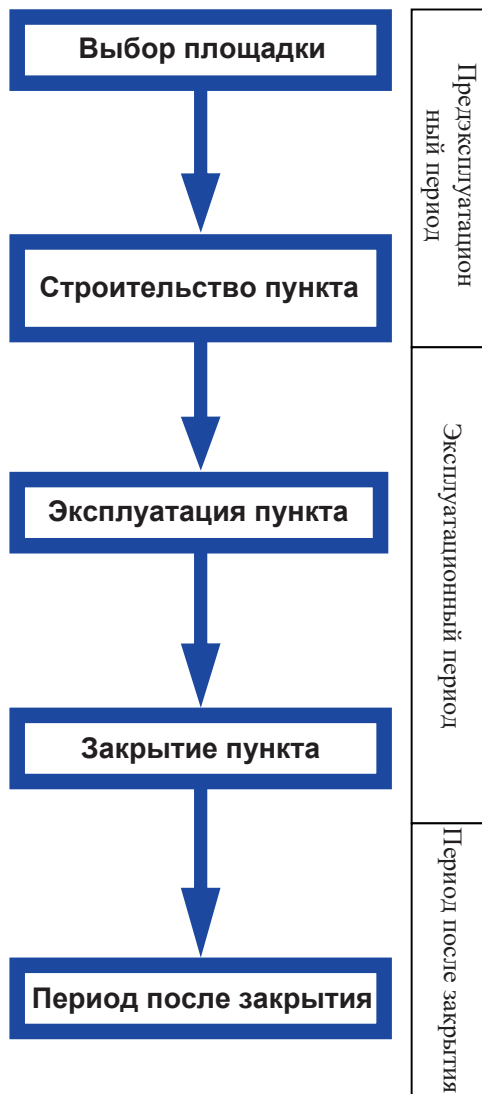


РИС. 1. Деятельность по мониторингу на протяжении жизненного цикла пункта захоронения.

всех существенных последствий, которые присутствие пункта захоронения может иметь для природных процессов и окружающей среды. На практике программа мониторинга начнется на этапе исследования площадки. Более полное описание процесса установления исходного состояния содержится в [18].

6.6. Особое внимание следует уделить установлению исходных условий для пунктов захоронения отходов добычи и переработки полезных ископаемых. Такие объекты создаются для захоронения радионуклидов, естественным образом встречающихся в окружающей среде, включая радионуклиды цепочек распада урана и тория. Поэтому данные измерений, проведенных на более поздних этапах жизненного цикла объекта, следует сравнивать с исходными данными, чтобы определить изменения концентраций таких радионуклидов в окружающей среде. Напротив, в зонах, прилегающих к пунктам захоронения НАО и САО или ВАО и отработавшего ядерного топлива, встречаются характерные радионуклиды, которые проще отличить от фоновых уровней радиоактивности. Например, в [9] отмечается высокая вероятность присутствия ^3H , ^{137}Cs и ^{14}C на уровнях, поддающихся обнаружению, вблизи пунктов приповерхностного захоронения. Учитывая их низкие фоновые уровни, постепенное увеличение количеств этих радионуклидов проще обнаружить, чем в случае радионуклидов, характерных для пунктов захоронения отходов добычи и переработки полезных ископаемых. В случае с отходами горнодобывающей промышленности, такими как засыпанные хвостовые отходы обогащения, низкосортная руда или пустая порода, радионуклидом, который с наибольшей долей вероятности может быть обнаружен на поверхности, является природный радон, ^{222}Rn .

МОНИТОРИНГ В ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЙ ПЕРИОД

6.7. В эксплуатационный период целями программы мониторинга должны быть содействие обеспечению эксплуатационной безопасности, измерение потенциального воздействия на население и окружающую среду и оценка эффективности системы захоронения. Мониторинг должен по-прежнему включать оценку явлений, событий и процессов, важных для обоснования безопасности, в рамках программы подтверждения эффективности объекта. Это даст возможность лучше понять поведение системы захоронения для уточнения обоснований безопасности на этапах эксплуатации и после закрытия объекта. Кроме того, программа мониторинга должна быть нацелена на сбор данных о краткосрочных (эксплуатационных) характеристиках созданной системы захоронения, чтобы помочь в

прогнозировании долгосрочной эффективности системы на этапе после закрытия. В эксплуатационный период перед программой мониторинга ставятся следующие задачи:

- предоставление данных о свойствах использованных при строительстве материалов и конструкций для подтверждения характеристик элементов системы захоронения, которые могут быть использованы для пересмотра и улучшения обоснования безопасности на этапе после закрытия объекта или повышения доверия к нему;
- предоставление информации, необходимой для проверки надлежащей работы системы очистки и контроля сточных вод;
- своевременное предупреждение о любых отклонениях от нормального режима эксплуатации;
- предоставление данных об утечке радионуклидов в окружающую среду для использования в прогностическом моделировании для оценки уровней радиации и концентраций радиоактивности в окружающей среде и облучения населения (например, данных о скорости утечки и радионуклидном составе).

6.8. В целях подтверждения эффективности пункта захоронения необходимо выполнять мониторинг ключевых технических параметров, представляющих интерес как в эксплуатационный период, так и в период после закрытия. Это можно рассматривать в качестве составной части процесса поэтапной разработки обоснования безопасности, который продолжается после выдачи лицензии на эксплуатацию в течение эксплуатационного периода для постепенного повышения предсказуемости эксплуатационных характеристик системы захоронения и/или ее характеристик после закрытия. Такой мониторинг должен дать дополнительные данные в обоснование информации, использованной в оценке безопасности, чтобы обеспечить возможность актуализации и совершенствования оценки безопасности в течение эксплуатационного периода. Регулирующий орган может потребовать включения программы подтверждения эффективности в состав условий лицензии на эксплуатацию. Тем самым оператору может быть вменено в обязанность решать технические проблемы только в эксплуатационный период, а не в качестве условия для получения лицензии на эксплуатацию. Данный подход может быть использован для устранения остаточных неопределенностей в отношении технических вопросов на момент выдачи лицензии на строительство, но он не заменяет надлежащего регулирующего надзора и тщательного учета неопределенностей в обосновании безопасности на ранних этапах создания пункта захоронения.

6.9. В программе мониторинга должна учитываться возможность радиологических выбросов, связанных с эксплуатацией пункта захоронения, и эта программа должна быть составной частью обоснования эксплуатационной безопасности. Этот элемент программы мониторинга предназначен для защиты населения и окружающей среды в эксплуатационный период, и он может быть введен для выполнения требований регулирующих органов в отношении утечек радиоактивных материалов с пункта захоронения при нормальной эксплуатации и в условиях аварий. Программа аварийной готовности и реагирования, разработанная в рамках обоснования эксплуатационной безопасности, должна предусматривать соответствующую стратегию мониторинга, учитывающую внезапность, с которой могут возникать аварийные ситуации. Стратегии мониторинга данного типа зависят от риска, предусмотренного в аварийных сценариях, в том числе в сценариях событий большого пространственного масштаба (таких как землетрясения или циклоны), которые могут повлиять на доступ к площадке и получение поддержки извне.

6.10. Независимо от программы мониторинга, связанной с обоснованием эксплуатационной безопасности, защита работников на пункте захоронения должна обеспечиваться в соответствии с национальными правилами и международными рекомендациями по радиационной безопасности. Вопросы защиты работников, однако, выходят за рамки данного Руководства по безопасности.

6.11. Помимо требований по мониторингу, связанных с измерением концентраций радионуклидов и подтверждением эффективности, в национальных регулирующих положениях могут устанавливаться дополнительные требования. Например, могут существовать требования по мониторингу подземных вод на предмет наличия токсичных химических веществ.

МОНИТОРИНГ В ПЕРИОД ПОСЛЕ ЗАКРЫТИЯ

6.12. Одной из целей программы мониторинга в период после закрытия, если это предусмотрено в обосновании безопасности после закрытия, является обнаружение в окружающей среде радиоактивных материалов и/или других токсичных веществ, которое может быть связано с работой пункта захоронения. Однако это лишь один из компонентов программы мониторинга после закрытия, и его значение для разных типов пунктов захоронения неодинаково. Масштабы, продолжительность

и значение мониторинга после закрытия варьируются в зависимости от типов пунктов захоронения отходов и типа хранящихся в них отходов. Средства ведомственного контроля, применяемые после закрытия пункта захоронения, могут иметь как активный, так и пассивный характер. Примерами активного ведомственного контроля являются мониторинг концентраций радионуклидов в окружающей среде и мониторинг эффективности и целостности барьеров, что важно, в частности, для пунктов приповерхностного захоронения.

6.13. При мониторинге в период после закрытия следует предусмотреть информирование соответствующих заинтересованных сторон о решении перейти от активного ведомственного контроля к пассивному ведомственному контролю (осуществляемому, например, посредством маркировки площадки и сохранения «корпоративной памяти»). Цель на данном этапе жизненного цикла пункта захоронения — определить, когда состояние площадки даст основания для пересмотра лицензии, чтобы можно было прекратить деятельность по мониторингу, техническому обслуживанию и активному контролю площадки. Например, для пунктов поверхностного захоронения решение о начале пассивного ведомственного контроля может быть принято, когда будет сочтено, что долгосрочная безопасность сможет обеспечиваться за счет ограничений на использование данного полигона, а радиотоксичность отходов снизится до такого уровня, при котором радиологический риск, связанный с проникновением человека, станет достаточно низким. Это можно рассматривать как поэтапный подход к обеспечению полной долгосрочной пассивной безопасности.

МОНИТОРИНГ ДЛЯ НУЖД АВАРИЙНОГО РЕАГИРОВАНИЯ

6.14. Мониторинг для нужд аварийного реагирования отличается от обычной деятельности по мониторингу по ряду ключевых признаков. Обычный мониторинг используется для подтверждения того, что пункт захоронения функционирует так, как предусмотрено в обосновании безопасности, тогда как мониторинг для нужд аварийного реагирования направлен на получение информации для смягчения последствий аварии для здоровья человека и окружающей среды. Требования к созданию механизмов, необходимых для оперативной организации мониторинга пункта захоронения и окружающей среды, изложены в [19].

6.15. Пункты захоронения отходов следует проектировать, строить и эксплуатировать таким образом, чтобы их безопасность обеспечивалась пассивными средствами [2], чтобы неожиданные сбои в работе были в целом маловероятны и чтобы вероятность возникновения условий, требующих принятия немедленных или срочных мер, была крайне мала. Однако на некоторых типах существующих пунктов захоронения отходов (о чем, например, свидетельствует прошлый опыт с дамбами некоторых хвостохранилищ) аварийные ситуации могут развиваться очень быстро. Например, экстремальные погодные условия или сейсмические явления могут повлечь за собой разрушение дамбы хвостохранилища, что приведет к быстрому выбросу большого количества загрязняющих веществ в окружающую среду. Следовательно, необходимо предусмотреть механизмы аварийного реагирования для всего спектра постулируемых событий, включая события с очень низкой расчетной вероятностью возникновения. Такие механизмы должны включать действия по мониторингу, размещению персонала, установлению процедур, обеспечению оборудованием и другие мероприятия, дающие возможность быстро предупредить об аварийной ситуации и надвигающихся угрозах здоровью людей и окружающей среде, как описано в [7] и как того требуют положения [19]. Необходимо, чтобы механизмы мониторинга давали возможность своевременного предоставления данных для принятия соответствующих мер реагирования в случае превышения действующих уровней оперативного вмешательства², согласованных с местными органами власти [7, 19]. Уровни оперативного вмешательства должны быть такими, чтобы их можно было напрямую (без дополнительной оценки) использовать для определения надлежащих защитных мер на основе измерений параметров окружающей среды.

² Уровень оперативного вмешательства — это расчетный уровень, измеренный приборами или определенный лабораторным анализом, который соответствует уровню вмешательства или уровню действий в аварийной ситуации. Обычно он выражается в единицах мощности дозы или активности выброшенного радиоактивного материала, интегрированных по времени концентрациях в воздухе, концентрациях в почве или на поверхности или концентрациях активности радионуклидов в пробах окружающей среды, пищевых продуктов или воды [20].

7. РАЗРАБОТКА И РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОГРАММЫ НАДЗОРА

7.1. Целью программы надзора является надзор за пунктом захоронения отходов для проверки целостности пассивных защитных барьеров и создания возможности для оперативного выявления условий, которые могут привести к миграции или утечке радионуклидов или других загрязняющих веществ в окружающую среду. Кроме того, надзор включает в себя проверку или аудит документации для периодического изучения технических характеристик продукта и проверки результатов таких инспекций. Программа надзора применима главным образом к эксплуатационному периоду и обычно реализуется посредством регулярных инспекций компонентов пункта захоронения отходов, которые определены как критически важные для обоснования безопасности. Программа надзора включает, среди прочего, инспекцию этих компонентов пункта захоронения отходов.

7.2. На ранних стадиях жизненного цикла пункта захоронения должен быть составлен план надзорных мероприятий на конкретной площадке и процедуры его реализации, которые следует периодически актуализировать на основе консультаций с регулирующим органом с учетом изменения условий на площадке, порядка эксплуатации объекта и применяемых технологий. В этом плане должно показываться, каким образом результаты надзора дополняют программу мониторинга и требования безопасности и эффективности площадки. В данный план следует включить:

- a) описание площадки и прилегающей территории;
- b) описание компонентов пункта захоронения отходов и его экологических условий;
- c) тип и частоту инспекций;
- d) процедуры проведения инспекций;
- e) планы чрезвычайных мер или мероприятия по техническому обслуживанию;
- f) требования к отчетности об инспекциях;
- g) описание системы менеджмента.

НАДЗОР НА ПРОТЯЖЕНИИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ПУНКТА ЗАХОРОНЕНИЯ

7.3. Реализация программ надзора должна начинаться на этапе строительства и продолжаться и развиваться вплоть до периода после закрытия, в зависимости от типа пункта захоронения.

7.4. Во время эксплуатации пункта захоронения программа надзора должна давать возможность убедиться в том, что целостность пассивных защитных барьеров сохраняется и защищается. В рамках программы надзора необходимо производить периодические осмотры защитных компонентов пункта захоронения, пока они находятся в зоне доступа. Такие периодические осмотры обычно ограничиваются установками и инженерными барьерами, к которым имеется прямой доступ.

7.5. В период после закрытия зоны захоронения отходов или камеры, содержащие отходы и упаковки с отходами, как правило, недоступны для осмотра. Продолжительность надзора после закрытия должна определяться исходя из типа пункта захоронения отходов и типов содержащихся в нем отходов. Кроме того, продолжительность надзора после закрытия зависит от степени уверенности в функциональной эффективности объекта, приобретенной за предыдущие периоды. Предполагается, что характер надзора после закрытия объекта может измениться или что он может быть вовсе прекращен в результате утраты организационной стабильности.

ОСОБЕННОСТИ НАДЗОРА НА РАЗНЫХ ТИПАХ ПУНКТОВ ЗАХОРОНЕНИЯ

7.6. «В некоторой степени безопасность установки для захоронения может зависеть от некоторых будущих действий, таких как техническое обслуживание или наблюдение. Однако эта зависимость, по мере возможности, должна быть сведена к минимуму» [2]. «Безопасность установки для геологического захоронения после закрытия представляется возможным обеспечить с помощью пассивных средств. <...> В случае установки для приповерхностного захоронения для обеспечения безопасности, возможно, понадобится принимать такие меры, как техническое обслуживание, мониторинг или наблюдение в течение определенного периода времени после закрытия» [2].

7.7. На пунктах приповерхностного захоронения надзор должен начинаться на предэксплуатационном этапе и продолжаться в период после закрытия вплоть до окончания срока активного ведомственного контроля. Барьерами, которые, как правило, должны инспектироваться в период после закрытия, являются верхние перекрытия пункта захоронения.

7.8. На пунктах геологического захоронения надзор следует начинать на предэксплуатационном этапе, и он, как правило, заканчивается при закрытии объекта, когда прекращается возможность доступа к инженерным барьерам.

7.9. Надзорную деятельность на пунктах захоронения отходов добычи и переработки полезных ископаемых следует начинать на предэксплуатационном этапе и заканчивать либо в конце срока активного ведомственного контроля, либо при закрытии пункта, в зависимости от характера системы захоронения, например при прекращении доступа к инженерным барьерам. Предположения относительно продолжительности организационной стабильности и непрерывности знаний обычно имеют важное значение при определении длительности надзора после закрытия. Пример долгосрочного плана надзорных мероприятий (на период после закрытия) на хранилище хвостов обогащения урана приведен в приложении I документа [8].

ТИП И ПЕРИОДИЧНОСТЬ ИНСПЕКЦИЙ

7.10. Необходимо, чтобы программа инспекций основывалась на учете конкретных условий на площадке и потенциального риска для людей, а также других социальных, социально-экономических, экологических и нормативных последствий сбоев в работе пункта захоронения отходов. Программа надзора, как правило, предусматривает проведение обычных инспекций и инспекций для специальных целей.

7.11. Если это возможно, следует проводить визуальный и физический осмотр компонентов пункта захоронения отходов, которые определены как критически важные для обоснования безопасности, что будет представлять собой эффективный метод обнаружения отклонений от нормы, указывающих на возможное наличие неисправностей.

7.12. Инспекции, выполняемые в рамках программы надзора, должны предусматривать наблюдение за состоянием поверхности объекта и его системы удержания, если к ней имеется доступ, за целостностью зданий и дренажных каналов, за состоянием растительности и любыми аномальными явлениями (например, скоплением поверхностных вод, эрозией поверхностных перекрытий и признаками проникновения на объект растений или животных).

7.13. Такие инспекции должны проводиться квалифицированным персоналом, который может определить, необходима ли специализированная техническая помощь.

ОБЫЧНЫЕ ИНСПЕКЦИИ

7.14. Чтобы удостовериться в том, что общее состояние всех компонентов пункта захоронения отходов удовлетворительно, следует периодически проводить обычные инспекции. Как правило, обычные инспекции проводит представитель технического персонала оператора, обладающий нужными знаниями и опытом работы на объекте.

7.15. Цель обычной инспекции — убедиться в том, что система захоронения отходов функционирует в соответствии с проектными критериями и отвечает регулирующим требованиям. Инспекцию следует проводить после ознакомления с отчетом о результатах предыдущей инспекции, в котором нужно указывать все моменты, которые должны быть взяты на контроль, а также со всеми данными надзора, собранными с момента подготовки отчета о предыдущей инспекции.

7.16. Обычные инспекции необходимо проводить через регулярные промежутки времени на протяжении всего срока строительства пункта захоронения отходов, а также во время проведения серьезных модификаций и любых восстановительных работ. Их цель — удостовериться в том, что строительство или модификация выполняется в соответствии с утвержденными планами и не снижает эффективности функционирования компонентов пункта захоронения. Периодичность обычных инспекций должна определяться с учетом специфики конкретной площадки.

ИНСПЕКЦИИ ДЛЯ СПЕЦИАЛЬНЫХ ЦЕЛЕЙ

7.17. Инспекции для специальных целей следует проводить после экстремальных природных явлений, таких как крупные пожары, сильные землетрясения, наводнения, сильные ураганы, очень интенсивные осадки или циклоны. Кроме того, такие инспекции следует проводить в случае отклонения от нормальных условий эксплуатации. Специальные инспекции имеют целью удостовериться в отсутствии повреждений компонентов системы захоронения отходов в результате таких явлений и сохранении их полной функциональности.

8. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИИ, ПОЛУЧЕННОЙ В РЕЗУЛЬТАТЕ МОНИТОРИНГА И НАДЗОРА

8.1. Как отмечается в предыдущих разделах, информация, полученная в результате мониторинга и надзора, собирается для того, чтобы удостовериться в безопасности пунктов захоронения и снижения уровней риска или неопределенности, а также, если это необходимо, для актуализации обоснования безопасности. В число пользователей информации, полученной в результате мониторинга и надзора, должны входить все заинтересованные стороны, включая оператора, регулирующий орган, местные заинтересованные стороны и общественность, а также все другие заинтересованные группы. Привлечение всех заинтересованных сторон к использованию информации, полученной в результате мониторинга и надзора, ведет к повышению прозрачности процесса захоронения и эксплуатационных характеристик, лучшему пониманию эволюции пункта захоронения, прилегающей к нему территории и функционирования барьеров, а также к повышению защищенности населения и окружающей среды. Пункты захоронения радиоактивных отходов предназначены для обеспечения пассивной безопасности в долгосрочной перспективе. Пункты захоронения проектируются таким образом, чтобы для обеспечения их безопасности не требовались активные действия в долгосрочной перспективе.

8.2. Информация, полученная в результате мониторинга, всегда отличается некоторой степенью неопределенности. Устранение остаточных неопределенностей в измерениях и в понимании того, как функционирует

пункт захоронения — одна из главных целей разработки обоснования безопасности. К числу проблем использования информации, полученной в результате мониторинга, относятся трудности, обусловленные пространственной и временной изменчивостью, невозможность прямого измерения определенных параметров, представляющих интерес, неспособность спрогнозировать будущее поведение системы захоронения и отсутствие фундаментальных знаний о некоторых процессах, представляющих интерес.

8.3. Использовать информацию, полученную в результате мониторинга, следует с осторожностью. Достоверность данных мониторинга следует проверять путем использования достаточных резервных средств (которые должны быть предусмотрены при разработке системы мониторинга), независимой верификации значений, применения грамотно спроектированного, надежного оборудования и, насколько это возможно, использования природных аналогов. В частности, проведение мониторинга и связанных с ним мероприятий следует поручать только хорошо обученному и опытному персоналу. Считается, что по истечении определенного периода времени мониторинг становится нецелесообразным. В отдаленном будущем произойдут значительные изменения в климатических условиях и связанные с ними сдвиги в поведении и практике человека. Прогноз поведения системы захоронения в отдаленном будущем на основе текущей информации мониторинга всегда будет неопределенным. Будущие изменения могут повлиять на возможность потенциальной утечки радионуклидов из пункта захоронения и на пути облучения, через которые может происходить облучение биоты и представительных индивидов.

АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ЦЕЛЕЙ И МЕРЫ ПО ИХ ДОСТИЖЕНИЮ

8.4. На всех этапах жизненного цикла пункта захоронения мониторинг и надзор должны служить источником информации о системе захоронения для разработки и совершенствования обоснования безопасности и проверки соблюдения регулирующих требований. В некоторых случаях эти две цели пересекаются: например, условие лицензии, требующее более глубокого понимания явлений, событий и процессов, приведет к улучшению обоснования безопасности.

8.5. Результаты мониторинга и надзора должны помочь в демонстрации соблюдения ограничений, введенных регулирующим органом, и условий лицензии. В некоторых частях программы мониторинга и надзора оператор

пункта захоронения может опираться на конкретные предписывающие требования регулирующего органа. Например, мониторинг необходим для сравнения качества поверхностных вод с нормативами, которые часто заранее устанавливаются регулирующим органом. Неопределенности в выполнении такого рода регулирующих требований сводятся к неопределенностям числовых значений, полученных путем измерения.

8.6. Проверка соблюдения критериев регулирования, основанных на определенных показателях, таких как пределы дозы, требует мониторинга, который даст представление о явлениях, событиях и процессах и о работе системы, а также информацию для нужд обоснования безопасности и оценки безопасности. Поскольку подходы к выполнению такого рода регулирующих требований не предполагают соблюдения строгих правил, по этому вопросу необходимо заблаговременно наладить плотное информационное взаимодействие между регулирующим органом, оператором и другими заинтересованными сторонами. Такое информационное взаимодействие необходимо по той причине, что неопределенности в данном случае более многообразны и субъективны, чем в случае с предписывающими регулируемыми требованиями. Такие неопределенности устраняются в равной мере при помощи процесса, направленного на их преодоление, и данных мониторинга, подкрепляющих анализ.

8.7. Существующие данные мониторинга и надзора, полученные на схожих по типу объектах, также следует собирать и оценивать в течение предэксплуатационного периода. Это облегчит разработку программ мониторинга и надзора для нового объекта. Кроме того, сравнение эксплуатационной документации схожих объектов может дать информацию о технологии, используемой на этих объектах, что может помочь в установлении надлежащих требований к функциям безопасности и долгосрочной эксплуатации нового пункта захоронения отходов.

8.8. В течение предэксплуатационного периода следует уделять особое внимание подтверждению того, что созданные в результате строительства условия соответствуют допущениям, сделанным в оценке безопасности. Кроме того, следует определить диапазоны ожидаемых условий на сооруженном объекте.

8.9. После ввода в эксплуатацию следует продолжать мониторинг и надзор на объекте для получения информации об эксплуатационных характеристиках, которая может быть использована для актуализации обоснования безопасности. Обоснование эксплуатационной безопасности

разрабатывается до выдачи лицензии на строительство и эксплуатацию. Остаточные неопределенности зачастую устраняются благодаря использованию консервативных оценок функций системы в части их последствий для безопасности. Информацию, полученную в результате мониторинга до начала строительства, которой может быть достаточно для разработки обоснования безопасности, следует продолжать актуализировать в течение всего эксплуатационного периода в рамках программы мониторинга для подтверждения эффективности функционирования пункта захоронения. Реализация такой программы должна вести к постепенному улучшению понимания того, как функционирует система захоронения, что, в свою очередь, следует использовать для совершенствования подходов к эксплуатации, определения функций безопасности, проектирования объекта и разработки программы мониторинга. Например, данные мониторинга скорости коррозии материала, собранные в рамках программы мониторинга для подтверждения эксплуатационных характеристик, могут дать основания для изменения допустимых объемов захоронения на объекте. В идеале, если обоснование эксплуатационной безопасности основано на консервативных оценках, то изменения или улучшения в понимании приведут к использованию менее ограничительных и менее дорогостоящих эксплуатационных подходов.

8.10. После завершения операций по размещению отходов, но до окончательного закрытия пункта захоронения следует собрать данные мониторинга и надзора для подтверждения дальнейшего выполнения ключевых функций безопасности, определенных в обосновании безопасности, путем использования прямых доказательств (т.е. измеряемых параметров) либо косвенных доказательств (например, путем расширения научной базы, используемой для разработки прогностических моделей, или сбора данных на пилотных/демонстрационных пунктах захоронения). Полученные данные следует использовать для того, чтобы убедиться в надлежащем функционировании системы захоронения. Это означает, что ключевые компоненты выполняют свои функции, указанные в обосновании безопасности или предусмотренные регулирующим органом, а фактические условия соответствуют ключевым предположениям, сделанным в отношении безопасности после закрытия. Например, полученные данные могут быть использованы для обоснования решения о прекращении активного ведомственного контроля за счет подтверждения того, что система захоронения остается в пассивно безопасном состоянии в течение определенного периода времени.

ОТКЛОНЕНИЯ ОТ ОЖИДАЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

8.11. Как отмечается в пункте 8.9, обоснование эксплуатационной безопасности часто строится на наборе консервативных допущений с целью устранения неопределенностей на данном этапе жизненного цикла объекта. Таким образом, предполагается, что мониторинг и надзор, проводимые для подтверждения эксплуатационных характеристик, дадут данные, которые могут отличаться от данных, использованных в обосновании безопасности, и которые, как ожидается, в целом будут более реалистичными. Аналогичным образом, из-за консервативности оценки безопасности можно ожидать, что данные мониторинга окружающей среды останутся в пределах, спрогнозированных в обосновании безопасности. Однако результаты мониторинга могут также содержать кажущиеся или фактические противоречия, такие как вариации параметров или информация о событиях, не предусмотренных в оценке безопасности. Такие результаты можно назвать «непредвиденными», поскольку они, по-видимому, не подтверждают предыдущих ожиданий. Информирование о результатах мониторинга и связанных с ними неопределенностях регулирующего органа и других заинтересованных сторон следует начинать на ранних стадиях процесса, поскольку объяснить неопределенности до начала программы мониторинга, как правило, легче, чем пытаться дать им объяснение после начала мониторинга.

8.12. Непредвиденные результаты мониторинга вовсе не обязательно указывают на угрозу безопасности системы захоронения. После исключения возможных погрешностей в измерениях следует тщательно проанализировать информацию, чтобы определить ее значимость в контексте существующего обоснования безопасности. Ввиду сложности оценки безопасности ее сравнение с результатами мониторинга может привести к противоречивым результатам. Например, в консервативной модели переноса подземных вод, использованной при оценке безопасности, может быть проигнорировано или преуменьшено значение переднего края шлейфа загрязняющих веществ. Хотя это необходимо учитывать в обосновании безопасности, наблюдения за первым появлением в подземных водах загрязняющих веществ, которые не согласуются с результатами моделирования, могут потребовать тщательной интерпретации.

8.13. Кроме того, непредвиденные результаты могут указывать на наличие новой информации, которая не отражена в обосновании безопасности. Такая новая информация, как правило, связана с явлениями, событиями и процессами, которые недостаточно изучены, или с явлениями,

событиями и процессами, которым ранее не придавалось значения. Если будет установлено, что непредвиденные результаты подпадают под эту категорию, программу мониторинга и надзора потребуется пересмотреть и в дальнейшем осуществлять ее для более детального изучения данного вопроса. В некоторых случаях может оказаться целесообразным начать новое исследование, чтобы лучше понять непредвиденные результаты. Обоснование безопасности потребуется актуализировать с учетом новых знаний. Появление непредвиденных результатов может вызвать обеспокоенность у регулирующего органа и подорвать уверенность заинтересованных сторон в безопасности пункта захоронения. В этой связи следует подчеркнуть необходимость полноценного, прозрачного и честного обмена информацией для сохранения такой уверенности.

8.14. По причинам, подобным тем, которые приведены в примере в пункте 8.12, несоблюдение критериев эффективности необязательно означает, что необходимы восстановительные меры или защитные меры. Например, решение об извлечении размещенных отходов может быть связано с факторами, не предполагающими наличия явной ситуации облучения (например, с показателем коррозии), и другие факторы могут оказаться важнее для принятия решения, чем показатель эффективности (например, защита работников во время извлечения отходов).

8.15. При реагировании на непредвиденные результаты следует применять дифференцированный подход. Такое реагирование может варьироваться от полного бездействия до увеличения частоты отбора проб для выявления и/или подтверждения пространственных и временных тенденций, внесения изменений в проект или процедуры, принятия серьезных восстановительных мер или даже извлечения размещенных отходов. Следует сделать акцент на выявлении тенденций и не придавать слишком большого значения отдельным измерениям. Такие действия, как извлечение отходов, должны предприниматься только после очень тщательного изучения и обоснования, включая учет рисков принятия восстановительных мер. Решение об извлечении отходов должно приниматься при условии своевременного наличия соответствующих объектов и инфраструктуры для обращения с отходами, их переработки и хранения, а если отходы подлежат перемещению, то при условии наличия подходящей площадки для захоронения.

ПЕРИОДИЧЕСКИЙ ПЕРЕСМОТР ПРОГРАММ МОНИТОРИНГА И НАДЗОРА

8.16. Разработка программы мониторинга и надзора должна быть многократно повторяющимся процессом, допускающим внесение изменений в программу на периодической основе. Обоснование безопасности и вспомогательная оценка безопасности — полезные инструменты, которые следует использовать для пересмотра программы мониторинга и надзора. При разработке программы мониторинга и надзора следует обеспечить ее гибкость и возможность включения новых источников данных, новых типов данных, новых технологий и новых регулирующих требований. На направленность и характер программы мониторинга и надзора могут влиять результаты научных исследований и разработок.

9. СИСТЕМА МЕНЕДЖМЕНТА

9.1. Необходимо, чтобы программа мониторинга и надзора соответствовала требованиям к системе менеджмента, установленным в [21], и рекомендациям, изложенным в [17]. При осуществлении мониторинга и надзора особое внимание необходимо уделять следующим элементам системы менеджмента:

- обеспечению постоянной доступности ресурсов в течение длительных периодов времени;
- введению и документированию процессов, обеспечивающих должный уровень квалификации персонала, процессов осуществления программы мониторинга и надзора и процессов использования полученных с ее помощью данных в процессе регулирования;
- управлению документацией в течение всего срока реализации проекта, связанного с созданием пункта захоронения.

9.2. Правительство может счесть нецелесообразным или ненужным вводить специальные положения для обеспечения постоянной доступности ресурсов в течение десятков или сотен лет. На самом деле стороной, ответственной за обеспечение ресурсами пунктов захоронения отходов, нередко являются частные компании. В качестве условия лицензии регулирующий орган может потребовать предоставления финансовых гарантий. Тем не менее то

обстоятельство, что правительство в конечном итоге является владельцем пункта захоронения и несет за него ответственность, позволяет обеспечить долговечный ведомственный контроль и является необходимым условием наличия ресурсов.

9.3. Необходимо, чтобы программа мониторинга пункта захоронения отходов и надзора за ним служила источником данных для обоснования решений, принимаемых в течение всего срока службы объекта. Поскольку срок службы пункта захоронения весьма продолжителен, следует создать такую систему менеджмента, которая обеспечивала бы преемственность в деятельности по сбору данных и управлению данными и возможность внедрения новых подходов к сбору и интерпретации данных. Чтобы быть полезными, некоторые виды мониторинга и надзора требуют планомерного, долгосрочного финансирования, и в рамках системы менеджмента следует разработать подходы для обеспечения необходимой преемственности в финансовой деятельности. Например, при проведении многих полевых экспериментов для получения достоверных и полезных данных могут потребоваться многие годы. Такие эксперименты могут быть важны для подготовки достоверного обоснования безопасности, но они могут время от времени сталкиваться с финансовыми ограничениями, которые могут привести к преждевременному завершению подобных экспериментов, уменьшив их полезность. В системе менеджмента следует также предусмотреть положения по надлежащему планированию выделения финансовых ресурсов и квалифицированных кадров, когда они необходимы.

9.4. Управленческие процессы необходимы для установления качества данных. Для подтверждения пригодности данных должен использоваться набор процедур, обеспечивающих прослеживаемость и прозрачность данных и их интерпретацию, когда такие данные предстоит использовать при принятии регулирующих решений. Данные, используемые в обосновании безопасности, могут быть получены из одного из следующих источников:

- данные, собранные в рамках данного проекта по захоронению отходов, который охвачен системой менеджмента;
- данные, собранные в рамках исследовательской программы, которая не охвачена системой менеджмента;
- ранее собранные данные, которые предшествовали существованию системы менеджмента;

— информация из литературы, которая отражает общие знания, представления или измерения и которая необязательно имеет конкретное отношение к рассматриваемому проекту пункта захоронения.

9.5. В рамках системы менеджмента следует установить четкие процедуры подтверждения пригодности каждого из этих типов информации. Например, для подтверждения пригодности исторических данных может потребоваться ввести управленческие процессы для проверки исходных данных, чтобы удостовериться в их правильности и прослеживаемости.

9.6. В системе менеджмента следует предусмотреть процедуры управления данными, ведения и архивирования учетных документов на протяжении всего срока реализации проекта, связанного с пунктом захоронения отходов. Конкретные рекомендации относительно системы менеджмента приведены в [17]. Поскольку программы создания пунктов захоронения имеют очень длительные сроки реализации и поскольку данные надзора, собираемые на протяжении всего срока службы пункта захоронения, потребуются для принятия решений на более поздних этапах жизненного цикла объекта, необходимо, чтобы система менеджмента обеспечивала своевременную прослеживаемость и прозрачность данных мониторинга и надзора.

9.7. Следует предусмотреть возможность прогнозирования потребностей в мониторинге и надзоре на более поздних этапах жизненного цикла объекта и сбора данных мониторинга, которые лягут в основу последующего планирования и действий.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- [1] АГЕНТСТВО ПО ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГИИ ОЭСР, ВСЕМИРНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ, ЕВРОПЕЙСКОЕ СООБЩЕСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, МЕЖДУНАРОДНАЯ МОРСКАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ, МЕЖДУНАРОДНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ТРУДА, МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, ПАНАМЕРИКАНСКАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ, ПРОГРАММА ОРГАНИЗАЦИИ ОБЪЕДИНЕННЫХ НАЦИЙ ПО ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ, ПРОДОВОЛЬСТВЕННАЯ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ОБЪЕДИНЕННЫХ НАЦИЙ, Основопологающие принципы безопасности, Серия норм безопасности МАГАТЭ, № SF-1, МАГАТЭ, Вена (2007).
- [2] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Захоронение радиоактивных отходов, Серия норм безопасности МАГАТЭ, № SSR-5, МАГАТЭ, Вена (2011).
- [3] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Классификация радиоактивных отходов, Серия норм безопасности МАГАТЭ, № GSG-1, МАГАТЭ, Вена (2014).
- [4] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Geological Disposal Facilities for Radioactive Waste, IAEA Safety Standards Series No. SSG-14, IAEA, Vienna (2011).
- [5] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Near Surface Disposal Facilities for Radioactive Waste, IAEA Safety Standards Series No. SSG-29, IAEA, Vienna (2014).
- [6] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Радиационная защита и безопасность источников излучения: Международные основные нормы безопасности — промежуточное издание, Серия норм безопасности МАГАТЭ, №. GSR Part 3 (Interim), МАГАТЭ, Вена (2011).
- [7] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Мониторинг окружающей среды и источников для целей радиационной защиты, Серия норм безопасности МАГАТЭ, № RS-G-1.8, МАГАТЭ, Вена (2016).
- [8] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Monitoring and Surveillance of Residues from the Mining and Milling of Uranium and Thorium, Safety Reports Series No. 27, IAEA, Vienna (2002).
- [9] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Surveillance and Monitoring of Near Surface Disposal Facilities for Radioactive Waste, Safety Reports Series No. 35, IAEA, Vienna (2004).
- [10] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Programmes and Systems for Source and Environmental Radiation Monitoring, Safety Reports Series No. 64, IAEA, Vienna (2010).
- [11] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Monitoring of Geological Repositories for High Level Radioactive Waste, IAEA-TECDOC-1208, IAEA, Vienna (2001).
- [12] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Borehole Disposal Facilities for Radioactive Waste, IAEA Safety Standards Series No. SSG-1, IAEA, Vienna (2009).

- [13] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, The Safety Case and Safety Assessment for Disposal of Radioactive Waste, IAEA Safety Standards Series No. SSG-23, IAEA, Vienna (2012).
- [14] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Рекомендации по физической ядерной безопасности, касающиеся физической защиты ядерных материалов и ядерных установок (INFCIRC/225/Revision 5), Серия изданий МАГАТЭ по физической ядерной безопасности, № 13, МАГАТЭ, Вена (2012).
- [15] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Рекомендации по физической ядерной безопасности, касающиеся радиоактивных материалов и связанных с ними установок, Серия изданий МАГАТЭ по физической ядерной безопасности, № 14, МАГАТЭ, Вена (2011).
- [16] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Радиационная защита при профессиональном облучении, Серия норм безопасности МАГАТЭ, № RS-G-1.1, МАГАТЭ, Вена (1999).
- [17] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Система менеджмента для захоронения радиоактивных отходов, Серия норм безопасности МАГАТЭ, № GS-G-3.4, МАГАТЭ, Вена (2015).
- [18] EUROPEAN COMMISSION, Thematic Network on the Role of Monitoring in a Phased Approach to Geological Disposal of Radioactive Waste, Final Report, Rep. EUR 21025 EN, EC, Luxembourg (2004).
- [19] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Готовность и реагирование в случае ядерной или радиационной аварийной ситуации, Серия норм безопасности МАГАТЭ, №. GS-R-2, МАГАТЭ, Вена (2004).
- [20] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Глоссарий МАГАТЭ по вопросам безопасности: терминология, используемая в области ядерной безопасности и радиационной защиты, издание 2007 года, МАГАТЭ, Вена (2008).
- [21] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Система управления для установок и деятельности, Серия норм безопасности МАГАТЭ, № GS-R-3, МАГАТЭ, Вена (2008).

Приложение I

ПРИМЕР ИНФОРМАЦИИ, СОБРАННОЙ В РЕЗУЛЬТАТЕ МОНИТОРИНГА И НАДЗОРА ДЛЯ НУЖД ПРОГРАММЫ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ЗАХОРОНЕНИЯ

I–1. Программа мониторинга должна разрабатываться и осуществляться до и во время строительства и эксплуатации пункта геологического захоронения. Целью такой программы является сбор и актуализация информации, необходимой для подтверждения наличия условий, требующихся для защиты работников и населения и охраны окружающей среды во время эксплуатации объекта, а также для подтверждения отсутствия каких-либо условий, которые могли бы снизить безопасность объекта после его закрытия. Обязательным условием реализации программы мониторинга является недопустимость нарушения функций (пассивных) защитных барьеров в ходе мониторинга.

I–2. Как указывается в [I–1], параметры, подлежащие мониторингу на пункте захоронения радиоактивных отходов, можно отнести к разным категориям:

- параметры, необходимые для установления исходных тенденций;
- поведение упаковок с отходами и соответствующего буферного и герметизирующего материала;
- деградация конструкций пункта захоронения и инженерных барьеров;
- локальные химические и физические изменения, вызванные строительством пункта захоронения и взаимодействием между искусственно привнесенными материалами, подземными водами и вмещающей породой;
- химические и физические изменения в окружающей геосфере и в атмосфере;
- уровни радиоактивного загрязнения и другого загрязнения.

I–3. Параметры, мониторинг которых ведется, должны вноситься в экологическую базу данных. Следует подчеркнуть, что необходим мониторинг любого инженерного сооружения или естественного барьера, характеристики и процесса, если они определены как критически важные для обоснования безопасности.

УСТАНОВЛЕНИЕ ИСХОДНЫХ ТЕНДЕНЦИЙ

I–4. Предполагается, что выполнение определенных мероприятий по мониторингу будет начато на максимально раннем этапе программы создания пункта захоронения, прежде чем начнут накапливаться возмущения, вызванные строительством и эксплуатацией пункта захоронения. Такая собранная на раннем этапе информация важна потому, что она дает возможность получить представление о характере и свойствах естественной, «нечтупенной» среды системы захоронения.

I–5. Мониторинг исходного состояния связан с начальными значениями параметров, которые будут в дальнейшем контролироваться путем непрерывного или периодического наблюдения. Мониторинг исходного состояния включает определение условий и параметров, представляющих потенциальный интерес для фундаментальных наук о земле, инженерно-технического проектирования и окружающей среды, а также для оценки эксплуатационной безопасности пункта захоронения и его безопасности после закрытия. Охват такого мониторинга должен быть достаточно широким, чтобы можно было фиксировать параметры исходного состояния, которые будут изучаться на предмет значимости и потому могут создать проблему в будущем [I–2]. Например, мониторинг будет использоваться для оценки изменений, происходящих в горных породах и системе подземных вод на этапах строительства и эксплуатации, а на этапе после закрытия — для оценки всех последствий, которые присутствие пункта захоронения может иметь для естественных процессов и окружающей среды. На практике программа мониторинга начинается на этапе исследования площадки.

I–6. Характеристиками, представляющими первоочередной интерес в контексте получения исходной информации, являются:

- поле потока подземных вод во вмещающей породе и в окружающей геологической среде (свойства материала, распределение напора подземных вод, напорные градиенты, области питания и разгрузки и т.д.);
- геохимические характеристики подземных вод (окислительно-восстановительные процессы, соленость, концентрации основных и микроэлементов, содержание естественных радионуклидов и т.д.);
- минералогический состав вмещающей породы, составляющей часть пункта захоронения;

- геомеханические свойства вмещающей породы, способствующие стабильности конструкции пункта захоронения;
- способность вмещающей породы, составляющей часть пункта захоронения, к переносу и удержанию, если это применимо;
- характеристики разрывных нарушений (включая трещины) вмещающей породы, составляющей часть пункта захоронения;
- фоновые уровни естественной радиоактивности в подземных водах, поверхностных водах, воздухе, почвах и отложениях, а также у растений и животных;
- метеорологические и климатические условия;
- гидрологические характеристики систем поверхностных вод, включая схемы дренирования и скорости инфильтрации;
- экологические параметры естественных местообитаний и экосистем.

Необходимо установить исходные данные. При обнаружении восходящих или нисходящих тенденций в изменении важных параметров необходимо продолжать мониторинг исходных данных до тех пор, пока эта тенденция не будет с уверенностью установлена и пока не будут достаточно хорошо уяснены ее причины. Установление исходных значений поверхностных экологических показателей является относительно простым делом, поскольку процесс измерения, как правило, не влияет на измеряемые параметры (например, измерения, относящиеся к климатическим факторам и гидрологии поверхностных вод). Однако инвазивные исследования сами по себе нарушают естественную систему подземных вод в такой степени, которая зависит от конкретных условий площадки. Для установления исходных условий, с помощью которых можно судить о последующих воздействиях, например об изменениях напора грунтовых вод и гидрохимических условий вследствие строительства пункта захоронения, необходимо собрать достаточную информацию на этапе поверхностных исследований, чтобы иметь уверенность, что ненарушенные условия были охарактеризованы надлежащим образом — как в пространственном, так и во временном отношении.

МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ РАЗМЕЩЕННЫХ УПАКОВОК С ОТХОДАМИ

I–7. Состояние упаковок с отходами имеет важное значение с точки зрения возможности их извлечения, и поэтому мониторинг параметров, которые указывают на целостность или состояние упаковок с отходами, особенно важен. Состояние размещенных упаковок с отходами зависит

от процессов деградации, например коррозии, и таких факторов, как устойчивость штабеля, повторное насыщение (например, буфера и отходов) и газообразование.

I–8. Параметры, мониторинг которых можно вести для наблюдения за состоянием упаковок с отходами, делятся на две категории: непосредственно измеряемые параметры (например, ток коррозии, деформация, давление набухания для глинистых буферов) и параметры окружающей среды (например, температура, влажность, давление повторного насыщения). В некоторых проектах пунктов захоронения отходов, особенно для НАО и САО, анализ выделяемых отходами газов, отбираемых максимально близко к упаковкам, дает полезную информацию об их целостности и/или об эффективности уже установленных инженерных барьеров.

МОНИТОРИНГ КОНСТРУКЦИЙ И ИНЖЕНЕРНЫХ БАРЬЕРОВ ПУНКТА ЗАХОРОНЕНИЯ

I–9. Изменения конструктивной устойчивости пункта захоронения могут произойти в результате природных процессов и деятельности человека. Непрерывный мониторинг прилегающей зоны может помочь в оценке ее устойчивости и обнаружении всех перемещений конструкции пункта захоронения или окружающей вмещающей породы.

I–10. Объектом мониторинга должны быть следующие параметры:

- механические свойства;
- нагрузки;
- деформации;
- посредством обычного наблюдения за подземными выработками определяются:
 - напряжения в горных породах;
 - деформации и нагрузки на крепь;
 - деформации в стенах и облицовке;
 - трещины.

I–11. К инженерным барьерам относятся все материалы, размещаемые вокруг отходов для их изоляции и удержания, в том числе все компоненты с низкой проницаемостью или высокой устойчивостью к проникновению. Инженерные барьеры включают уплотнения, материалы засыпки, а также компоненты конструкции пункта захоронения.

ВОЗМУЩЕНИЯ, СОЗДАВАЕМЫЕ ПУНКТОМ ЗАХОРОНЕНИЯ

I–12. Строительство пункта захоронения нарушает существовавшую до его создания природную систему. Последующий этап эксплуатации пункта захоронения влечет за собой дальнейшие изменения. Некоторые из этих изменений могут проявиться только спустя много лет. Поэтому объектом программы мониторинга должны быть изменения, происходящие в окружающей среде пункта захоронения в результате следующих воздействий:

- механических возмущений вследствие экскавации;
- гидравлических и гидрохимических возмущений вследствие экскавации и дренажа;
- тепломеханических воздействий, вызванных размещением отходов, выделяющих тепло;
- геохимических возмущений вследствие химических реакций, вызванных строительством пункта захоронения и его эксплуатацией (в первую очередь попаданием воздуха, но также привнесением в природную среду материалов засыпки, материалов крепи, таких как стальная арматура, цементный раствор и торкрет-бетон, уплотнительных материалов, самих отходов и/или компонентов упаковок с отходами).

I–13. Во вмещающей породе объектом мониторинга должны быть следующие параметры:

- механические возмущения во вмещающей породе:
 - поля напряжений;
 - деформации;
 - трещины;
- гидравлические возмущения:
 - проницаемость;
 - напор воды;
 - степень насыщения;
- геохимические возмущения:
 - состав (трещинно-поровой воды и минералогический);
 - значения pH;
 - интенсивность окислительно-восстановительных реакций;
 - удерживающие свойства;

- биологические изменения;
- тепловые возмущения:
- распределение температур;
- теплопроводность, выведенная из распределения температур.

МОНИТОРИНГ УТЕЧКИ РАДИОНУКЛИДОВ

I–14. На практике и при условии нормального хода событий на пункте геологического захоронения отслеживать утечку радионуклидов из упаковок с отходами, сквозь инженерные барьеры или из галерей для захоронения будет невозможно, поскольку расчетный срок службы контейнеров для отходов составляет несколько тысяч лет. Утечка радионуклидов в течение более короткого срока возможна только в случае ненормального хода событий на пункте захоронения. Для установления исходных условий, с которыми можно сравнить воздействие мобилизации и утечки загрязняющих веществ, необходимо получить информацию о следующих параметрах, измеряемых через инженерные барьеры, вмещающую породу и геосферу:

- уровни выщелачивания;
- концентрация активности в подземных водах;
- напорные градиенты, а также скорость и направление потока в потенциально загрязненной зоне;
- уровень подземных вод;
- скорость течения реки (которая может повлиять на гидрологические условия);
- питание водоносных горизонтов;
- химический состав воды.

ИЗМЕНЕНИЯ В ГЕОСФЕРЕ

I–15. Геосфера, окружающая пункт захоронения, реагирует на его присутствие в различных формах (например, механической, гидравлической и химической). Измеряемыми параметрами являются соответственно температура, напряжение, химический состав подземных вод, напор подземных вод, химический состав растворенных веществ и минералогический состав. Эти параметры часто можно измерить с помощью скважин, пробуренных во время наземных работ по характеризации площадки и подземного исследования вмещающей породы. Многие

минералогические изменения, происходящие в результате вентиляции пункта захоронения, вероятно, будут ограничены зоной, непосредственно примыкающей к пункту захоронения.

I–16. Могут быть использованы геофизические методы, например:

- наземное электромагнитное исследование для оконтуривания шлейфов электропроводности подземных вод, превышающей фоновые значения из-за присутствия электролитов;
- радоновая эманометрия;
- воздушная радиометрия.

I–17. Особый интерес представляют изменения в гидравлическом и механическом поведении структур горной породы, которые могут прямо повлиять на долгосрочные характеристики системы изоляции, например на связность основных водопроводящих трещин. Опять же, исследование этих особенностей, вероятно, будет проводиться с помощью скважин, пробуренных во время наземных работ по характеризации площадки и подземного исследования вмещающей породы.

I–18. Для пунктов захоронения в зоне насыщения подземные воды будут протекать вокруг пункта захоронения или через него, пока пункт захоронения остается открытым. Однако после повторного насыщения пункта захоронения (или, возможно, повторного насыщения части пункта захоронения) начнется обратное движение подземных вод через пункт захоронения в геосферу. Это приведет к геохимическим изменениям в геосфере. Для некоторых проектов пунктов захоронения, например тех, в которых активно используется цемент, эти изменения могут быть значительными.

РАЗРАБОТКА БАЗЫ ДАННЫХ ОБ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ

I–19. Накопление данных об окружающей среде за период в несколько десятилетий облегчает оценку пригодности участка земли над пунктом захоронения для альтернативных видов землепользования.

I–20. Потенциальную значимость имеют следующие параметры:

- метеорологические;
- гидрологические, включая дренаж, водопользование и качество воды;
- концентрация радионуклидов и других загрязняющих веществ в различных компонентах окружающей среды, включая биоту, донные отложения и воды;
- параметры местной окружающей среды;
- геоморфологические процессы, такие как обнажение пород, локализованная эрозия и формирование склонов;
- тектоническая активность, включая скорости вертикальных и горизонтальных движений земной коры, сейсмические явления и геотермальный тепловой поток;
- землепользование в прилегающей зоне.

I–21. Все эти параметры могут быть измерены с поверхности. Предполагается, что сбор данных будет вестись непрерывно в течение многих лет.

АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ МЕТОДЫ СБОРА ДАННЫХ

I–22. Если выбрать метод мониторинга, учитывающий все ограничения, невозможно, следует использовать альтернативные стратегии. Можно рассмотреть возможность строительства в пределах пункта захоронения или вблизи него в той же вмещающей породе демонстрационного или пилотного объекта, оснащенного всей необходимой контрольно-измерительной аппаратурой. Это даст возможность избежать нарушения реальных изолирующих барьеров. По логике вещей, такую демонстрацию нужно проводить до получения разрешения на эксплуатацию пункта захоронения; однако в некоторых программах геологического захоронения предлагается продолжать демонстрацию и, следовательно, соответствующий мониторинг одновременно с проведением операций по размещению отходов в пункте захоронения. Одним из преимуществ такой стратегии является дополнительное подтверждение обоснованности предположений об общих характеристиках системы захоронения.

I–23. В таблицу I–1 сведены параметры, мониторинг которых необходим на разных этапах жизненного цикла пункта геологического захоронения.

ТАБЛИЦА 1-1. ПАРАМЕТРЫ, ПОДЛЕЖАЩИЕ МОНИТОРИНГУ НА РАЗЛИЧНЫХ ЭТАПАХ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ПУНКТА ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ЗАХОРОНЕНИЯ

Параметры/процесс, подлежащий мониторингу	Предэксплуатационный период (включая выбор площадки и строительство пункта)	Эксплуатационный период (включая закрытие)	Период после закрытия ^a
ИСХОДНОЕ СОСТОЯНИЕ (НАЧАЛЬНОЕ ЗНАЧЕНИЕ)			
Поле потока подземных вод во вмещающей породе и окружающей геосфере:			
— распределение напора подземных вод			
— напорные градиенты			
— направления потока			
— проницаемость			
— области питания и разгрузки			
Геохимические характеристики подземных вод:			
— окислительно-восстановительные реакции	×		
— соленость	×		
— концентрации основных и микроэлементов	×		
— содержание естественных радионуклидов/фоновая активность	×		
Минералогический состав вмещающей породы, являющейся частью пункта захоронения	×		

ТАБЛИЦА 1-1. ПАРАМЕТРЫ, ПОДЛЕЖАЩИЕ МОНИТОРИНГУ НА РАЗЛИЧНЫХ ЭТАПАХ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ПУНКТА ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ЗАХОРОНЕНИЯ (продолжение)

Параметры/процесс, подлежащий мониторингу	Предэксплуатационный период (включая выбор площадки и строительство пункта)	Эксплуатационный период (включая закрытие)	Период после закрытия ^а
Геомеханические свойства вмещающей породы, способствующие конструкционной устойчивости пункта захоронения	×		
Удерживающие и гидравлические свойства вмещающей породы, являющейся частью пункта захоронения	×		
Характеристика разрывных нарушений (включая трещины) вмещающей породы, являющейся частью пункта захоронения	×		
Фоновые уровни естественной радиоактивности в подземных, поверхностных водах, воздухе, почвах и отложениях, а также у животных и растений	×		
Химические и физические изменения в окружающей геосфере и атмосфере	×		
Метеорологические и климатические условия	×		

ТАБЛИЦА 1-1. ПАРАМЕТРЫ, ПОДЛЕЖАЩИЕ МОНИТОРИНГУ НА РАЗЛИЧНЫХ ЭТАПАХ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ПУНКТА ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ЗАХОРОНЕНИЯ (продолжение)

Параметры/процесс, подлежащий мониторингу	Предэксплуатационный период (включая выбор площадки и строительство пункта)	Эксплуатационный период (включая закрытие)	Период после закрытия ^а
Гидрологические параметры систем поверхностных вод, включая схемы дренирования и скорости инфильтрации	×		
Экологические характеристики естественных местообитаний и экосистем	×	×	
Механические свойства конструкции пункта захоронения		×	
Механические свойства инженерных барьеров		×	
Удерживающие и гидравлические свойства инженерных барьеров		×	
ТЕКУЩИЙ МОНИТОРИНГ ИСХОДНЫХ ПАРАМЕТРОВ		×	×
ЦЕЛЮСТНОСТЬ УПАКОВОК С ОТХОДАМИ			
Непосредственно измеряемые параметры:		×	(×)
— коррозия			
— деформация			
— давление на упаковку с отходами (т.е. давление набухания глинистого буфера)			

ТАБЛИЦА I-1. ПАРАМЕТРЫ, ПОДЛЕЖАЩИЕ МОНИТОРИНГУ НА РАЗЛИЧНЫХ ЭТАПАХ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ПУНКТА ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ЗАХОРОНЕНИЯ (продолжение)

Параметры/процесс, подлежащий мониторингу	Предэксплуатационный период (включая выбор площадки и строительство пункта)	Эксплуатационный период (включая закрытие)	Период после закрытия ^a
Параметры окружающей среды: температура влажность повторное насыщение характеристики выделяемых отходами газов		×	(×)
КОНСТРУКЦИИ И ИНЖЕНЕРНЫЕ БАРЬЕРЫ ПУНКТА ЗАХОРОНЕНИЯ			
— Прочность конструкции и инженерных барьеров пункта захоронения: — механические свойства — нагрузки — деформации — посредством обычного наблюдения за подземными выработками определяются: • напряжения в горных породах • деформации и нагрузки на крепь • деформации в стенах и облицовке • трещины		×	(×)

ТАБЛИЦА I-1. ПАРАМЕТРЫ, ПОДЛЕЖАЩИЕ МОНИТОРИНГУ НА РАЗЛИЧНЫХ ЭТАПАХ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ПУНКТА ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ЗАХОРОНЕНИЯ (продолжение)

Параметры/процесс, подлежащий мониторингу	Предэксплуатационный период (включая выбор площадки и строительство пункта)	Эксплуатационный период (включая закрытие)	Период после закрытия ^a
Поведение инженерного барьера (т.е. засыпки и уплотнения): — скорость повторного насыщения — изменения в: ● гидравлических свойствах ● механических свойствах (включая набухание) ● химических свойствах ● тепловых свойствах	×		(×)
Для предотвращения попадания воды в пункт захоронения или ее инфильтрации сквозь пункт захоронения		×	(×)
ВОЗМУЩЕНИЯ, СОЗДАВАЕМЫЕ ПУНКТОМ ЗАХОРОНЕНИЯ (СТРОИТЕЛЬСТВО, РАЗМЕЩЕНИЕ ОТХОДОВ И СОЗДАНИЕ ИНЖЕНЕРНЫХ БАРЬЕРОВ)			
Механические возмущения во вмещающей породе: — поле напряжений — деформация — трещины	×	×	(×)

ТАБЛИЦА 1-1. ПАРАМЕТРЫ, ПОДЛЕЖАЩИЕ МОНИТОРИНГУ НА РАЗЛИЧНЫХ ЭТАПАХ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ПУНКТА ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ЗАХОРОНЕНИЯ (продолжение)

Параметры/процесс, подлежащий мониторингу	Предэксплуатационный период (включая выбор площадки и строительство пункта)	Эксплуатационный период (включая закрытие)	Период после закрытия ^а
Геохимические возмущения: — состав почвы (грешинно-поровая вода и минералогический состав) — уровни pH — окислительно-восстановительные реакции — удерживающие свойства — биологические изменения	×	×	(×)
Гидравлические возмущения: — проницаемость — напор воды — степень насыщения	×	×	(×)
Тепловые возмущения: — распределение температур — теплопроводность		×	(×)
МОНИТОРИНГ УТЕЧКИ РАДИОНУКЛИДОВ			
Уровни выщелачивания		×	(×)
Концентрация активности в подземных водах		×	×

ТАБЛИЦА 1-1. ПАРАМЕТРЫ, ПОДЛЕЖАЩИЕ МОНИТОРИНГУ НА РАЗЛИЧНЫХ ЭТАПАХ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ПУНКТА ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ЗАХОРОНЕНИЯ (продолжение)

Параметры/процесс, подлежащий мониторингу	Предэксплуатационный период (включая выбор площадки и строительство пункта)	Эксплуатационный период (включая закрытие)	Период после закрытия ^а
Площадь потенциально загрязненной зоны		×	×
Напорные градиенты, скорость и направление потока в потенциально загрязненной зоне		×	×
Уровень подземных вод		×	×
Питание и разгрузка водоносных горизонтов		×	×
Химический состав воды		×	×
Изменения в геосфере			
Механические свойства: — нагрузки — деформации — трещины (связность, которая может создать преимущественный путь утечки)		×	×
Гидравлические свойства: — напор грунтовых вод			×

ТАБЛИЦА 1-1. ПАРАМЕТРЫ, ПОДЛЕЖАЩИЕ МОНИТОРИНГУ НА РАЗЛИЧНЫХ ЭТАПАХ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ПУНКТА ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ЗАХОРОНЕНИЯ (продолжение)

Параметры/процесс, подлежащий мониторингу	Предэксплуатационный период (включая выбор площадки и строительство пункта)	Эксплуатационный период (включая закрытие)	Период после закрытия ^a
Химические свойства: — химический состав растворенных веществ — минералогический состав		×	×
Тепловые свойства: температура		×	×
РАЗРАБОТКА БАЗЫ ДАННЫХ ОБ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ			
Метеорологические данные	×	×	×
Гидрологические данные, включая дренаж, водопользование и качество воды	×	×	×
Концентрация радионуклидов и других загрязняющих веществ в различных компонентах окружающей среды, включая биоту, донные отложения и воды	×	×	×
Параметры местной окружающей среды	×	×	×
Геоморфологические процессы, такие как обнажение пород, локализованная эрозия и формирование склонов	×	×	×

ТАБЛИЦА I-1. ПАРАМЕТРЫ, ПОДЛЕЖАЩИЕ МОНИТОРИНГУ НА РАЗЛИЧНЫХ ЭТАПАХ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ПУНКТА ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ЗАХОРОНЕНИЯ (продолжение)

Параметры/процесс, подлежащий мониторингу	Предэксплуатационный период (включая выбор площадки и строительство пункта)	Эксплуатационный период (включая закрытие)	Период после закрытия ^а
Тектоническая активность, включая скорости вертикальных и горизонтальных движений земной коры, сейсмические явления и геотермальный тепловой поток	×	×	×
Землепользование в прилегающей зоне	×	×	×

^а Мониторинг параметров, измеряемых в эксплуатационный период, можно продолжать в период после закрытия, но в меньших объемах, пока это не оказывает влияния на безопасность в долгосрочной перспективе. Это отмечено знаком (×).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ К ПРИЛОЖЕНИЮ I

- [I-1] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Monitoring of Geological Repositories for High Level Radioactive Waste, IAEA-TECDOC-1208, IAEA, Vienna (2001).
- [I-2] EUROPEAN COMMISSION, Thematic Network on the Role of Monitoring in a Phased Approach to Geological Disposal of Radioactive Waste, Final Report, Rep. EUR 21025 EN, EC, Luxembourg (2004).

Приложение II

ПРИМЕР ПРОГРАММЫ МОНИТОРИНГА И НАДЗОРА ДЛЯ ПУНКТА ПРИПОВЕРХНОСТНОГО ЗАХОРОНЕНИЯ

ВВЕДЕНИЕ

II-1. Пункт по переработке и захоронению радиоактивных отходов в местечке Пюшпёксиладь эксплуатируется Венгерской национальной компанией по обращению с радиоактивными отходами (ПУРАМ) с июля 1998 года. Ранее, с 1976 года, когда объект был введен в эксплуатацию, им управляла Национальная служба работников системы здравоохранения. Задачей пункта является размещение низко- и среднеактивных радиоактивных отходов, образующихся у мелких производителей в Венгрии.

II-2. Объект расположен на гребне холма на высоте 200–250 м над уровнем Балтийского моря и устроен в неоднородных четвертичных отложениях толщиной около 30 м (ил и глина, низкая проницаемость) над уровнем подземных вод. На юго-западе он ограничен ручьем Немеди, на северо-востоке — ручьем Силаддь. Ближайший населенный пункт (Пюшпёксиладь) находится в 1,5 км от объекта.

II-3. Объект представляет собой пункт приповерхностного захоронения радонового типа. Для хранения и захоронения радиоактивных отходов предусмотрены камеры из железобетона (типы А и С, см. пп. II-4 и II-5) и скважины с облицовкой из углеродистой стали/нержавеющей стали (типы В и D, см. пп. II-6 и II-7).

II-4. Система захоронения типа А, представляющая собой железобетонную конструкцию (со стенами толщиной 40 см), служит для захоронения твердых радиоактивных отходов. В нее входят четыре камеры (AI–AIV), каждая из которых состоит из ячеек объемом 70 м³ каждая. Во время размещения отходов она накрывается защитной кровлей, затем герметизируется и временно покрывается слоем глины толщиной 2 м. Окончательный проект перекрытия еще не разработан.

II–5. Система типа С служит для хранения отвержденных органических растворителей и биологических отходов, но недавно она стала использоваться для временного хранения источников нейтронов. Она состоит из восьми ячеек объемом 1,5 м³ каждая и покрыта защитной кровлей.

II–6. Система типа В служит для хранения изъятых из употребления закрытых источников. Она состоит из 16 скважин диаметром 40 мм и 16 скважин диаметром 100 мм (глубиной 6 м), расположенных внутри монолитной бетонной конструкции.

II–7. Система типа D служит для хранения изъятых из употребления закрытых источников с периодом полураспада более 30 лет (²²⁶Ra и ²⁴¹Am). Она состоит из четырех скважин диаметром 200 мм и 16 скважин диаметром 100 мм (облицованных сталью и глубиной 6 м).

МОНИТОРИНГ И НАДЗОР НА ПРЕДЭКСПЛУАТАЦИОННОМ ЭТАПЕ

II–8. В период с 1974 по 1976 год, до начала эксплуатации пункта захоронения, были определены референтные уровни (т.е. фоновые значения до начала эксплуатации) для наиболее значимых точек окружающей среды вокруг пункта захоронения (т.е. вдоль водотоков и на горизонтах подземных вод).

II–9. Были выбраны места для отбора проб в близлежащем поселке, вдоль двух ручьев, протекающих вокруг холма, на котором расположен пункт захоронения, на склонах холма и на территории самого пункта захоронения.

II–10. В рамках программы мониторинга производились измерения ¹³⁷Cs и общих концентраций гамма- и бета-активности в различных пробах окружающей среды.

МОНИТОРИНГ И НАДЗОР НА НАЧАЛЬНОМ ЭТАПЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ

П–11. На первом этапе эксплуатации пункта захоронения программа мониторинга предусматривала отбор проб в следующих местах:

- в десяти скважинах для мониторинга подземных вод (вода);
- в восьми точках вдоль водотоков (вода и отложения);
- в коллекторе дождевой воды (вода и отложения);
- в шести точках отбора проб растительности;
- в двух местах для отбора проб аэрозолей и осадков;
- в двух местах для получения образцов пищевых продуктов (рыбы и молока).

П–12. В 1991 году объем отложений, занимаемых объектом, был увеличен с 3360 м³ до 5040 м³. В этой связи была введена в действие расширенная система мониторинга со следующими элементами:

- гидрогеологический мониторинг (подземных вод): было сооружено 18 дополнительных скважин, и в общей сложности для мониторинга изменений уровня подземных вод используется 28 скважин;
- поверхностный мониторинг в четырех стационарных точках измерения;
- приповерхностный радиационный мониторинг (16 скважин глубиной 7 м каждая вокруг камер для захоронения отходов для наблюдения за активностью гамма-излучающих изотопов в почве);
- измерения методами изотопной гидрологии: ³H, ¹⁴C, ⁹⁰Sr и химический состав подземных и поверхностных вод;
- измерения расхода воды в двух поперечных сечениях вдоль обоих ручьев;
- мониторинг новой коллекторной емкости для дождевой воды.

П–13. Базовые уровни рассчитывались с использованием средних значений данных, собранных за два года (1990–1991 годы).

П–14. Новые результаты были включены в программу эксплуатационного мониторинга.

П–15. В 1995 году была выполнена первоначальная оценка безопасности системы, и параллельно с ней была создана метеорологическая система, предназначенная для сбора дополнительных исходных данных.

ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЙ МОНИТОРИНГ И НАДЗОР

II-16. Программа радиологического мониторинга на этапе эксплуатации в целом аналогична программе предэксплуатационного мониторинга, но отбор проб, как правило, производится с меньшей частотой. На основе периодического анализа результатов и новых рекомендаций по процедурам отбора проб и измерений были внесены некоторые изменения в частоту отбора проб, перечень измеряемых нуклидов и конструкцию наблюдательных скважин.

II-17. Операции по отбору проб, необходимых для измерений, проводятся на всей территории площадки и вдоль водотоков в пределах 20-километрового периметра.

II-18. В 2000 году была выполнена первая всеобъемлющая оценка безопасности, которая основывалась на геологических исследованиях, проведенных в 1970-х годах, а также на данных мониторинга, собранных в период с 1976 по 2000 год. В результате оценки безопасности были высказаны некоторые опасения по поводу устойчивости склонов, и поэтому в программу мониторинга было включено изучение возможной эрозии склонов.

II-19. Позже, в процессе повторного лицензирования площадки, регулирующий орган распорядился о проведении дополнительных геологических исследований, которые были выполнены в 2006 и 2007 годах.

II-20. В 2000 году в нескольких скважинах для мониторинга подземных вод были зафиксированы повышенные уровни концентрации трития. Хотя это не оказало влияния на облучение местного населения, в дополнение к скважинам эксплуатационного мониторинга для выполнения детальных исследований было пробурено шесть наблюдательных скважин для непрерывного мониторинга. Были выявлены источник и основные пути поступления трития, ведется дальнейшее наблюдение.

II-21. В 2004 году после реконструкции здания для переработки и хранения были оборудованы новые пункты отбора проб аэрозолей и почвы.

II-22. Предполагается, что в условиях нормальной эксплуатации пункта выбросы газообразных и жидких радиоактивных веществ могут происходить только из производственного корпуса и здания для хранения, причем оба

этих здания расположены в контролируемой зоне. Небольшое количество образующихся жидких отходов хранится в герметичных резервуарах; до настоящего времени утечка из этих резервуаров не происходила.

II-23. Мониторинг выбросов в атмосферу осуществляется путем измерения выбросов при помощи пробоотборного устройства, установленного в вентиляционной трубе. В условиях нормальной эксплуатации эти выбросы минимальны и неотличимы от фоновых значений. Кроме того, мониторинг выбросов из здания для хранения и производственного корпуса ведется с помощью контрольно-измерительной аппаратуры, установленной в разных местах по преобладающему направлению ветра.

II-24. Операции по мониторингу окружающей среды на объекте проводятся несколькими лабораториями. Наиболее важные базовые измерения выполняются внутренней лабораторией пункта захоронения. Специальные измерения и исследования для выявления сложных для обнаружения изотопов в пробах окружающей среды проводятся другими венгерскими лабораториями. Пробы тканей растений и животных, почвы, донных отложений/ила, аэрозолей, атмосферных осадков, поверхностных вод и подземных вод отбираются на регулярной основе, как правило, в 40 различных местах отбора проб, лабораторией мониторинга окружающей среды пункта захоронения для проведения измерений методами гамма-спектрометрии и общего подсчета бета-частиц.

II-25. Пробы также отбираются из 30 дополнительных скважин для мониторинга подземных вод. Высококочувствительные измерения проб растительных и животных тканей и почвы, взятых в непосредственной близости от пункта захоронения, выполняются внешней организацией.

II-26. Данные системы мониторинга сравниваются с референтными уровнями, определенными в 1976 и 1977 годах.

II-27. Ежегодно вблизи пункта захоронения отбирается около 600 проб. Результаты почти тысячи проведенных исследований не показали скольконибудь заметных отклонений от естественных фоновых значений. Этот факт также был подтвержден контрольными испытаниями, проведенными компетентными органами и независимыми институтами.

II-28. Радиологическая информация, собранная вблизи пункта захоронения, заносится в национальную базу данных.

II–29. Краткое описание системы мониторинга приведено в таблице II–1.

ПЛАНЫ МОНИТОРИНГА ПОСЛЕ ЗАКРЫТИЯ

II–30. В настоящее время требования к мониторингу после закрытия четко не определены. В конечном счете они будут уточнены регулирующим органом с должным учетом физических, биологических и геохимических особенностей площадки пункта захоронения и прилегающей территории.

ТАБЛИЦА П-1. КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ХРАНЕНИЯ И ЗАХОРОНЕНИЯ

Отбираемый компонент окружающей среды	Место мониторинга	Тип мониторинга	Метод пробоотбора	Метод измерения	Сравнение с
Воздух	В центре ближайшего поселка	Окружающая среда	Еженедельно меняемый воздушный фильтр Бассейн для отбора проб осадков	Общий подсчет бета-частиц и гамма- спектрометрия	Базовым уровнем
Воздух	С подветренной стороны зоны захоронения	Окружающая среда/источник	Еженедельно меняемый воздушный фильтр Еженедельный пробоотбор выпадающих осадков Адсорбция ³ H на силикагеле и ⁴ C в гидроксиде бария раз в два месяца	Общий подсчет альфа- и бета- частиц, а также гамма-спектрометрия третия, радиоуглеродный анализ и измерения ⁹⁰ Sr	Базовым уровнем
Воздух	С подветренной стороны здания для переработки и хранения на расстоянии 100 м	Окружающая среда/источник	Фильтрующая лента, периодически передаваемая в лабораторию Адсорбция ³ H на силикагеле и ¹⁴ C в гидроксиде бария	Общий подсчет альфа- и бета-частиц, а также гамма-спектрометрия третия, радиоуглеродный анализ и измерения ⁹⁰ Sr	Базовым уровнем

ТАБЛИЦА П-1. КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ХРАНЕНИЯ И ЗАХОРОНЕНИЯ
(продолжение)

Отбираемый компонент окружающей среды	Место мониторинга	Тип мониторинга	Метод пробоотбора	Метод измерения	Сравнение с
Воздух	В вентиляционной трубе здания для переработки и хранения	Источник	Еженедельно меняемый воздушный фильтр Адсорбция ³ H на силикагеле и ¹⁴ C в гидроксиде бария раз в два месяца	Общий подсчет бета-частиц, а также гамма-спектрометрия трипия, радиоуглеродный анализ и измерения ⁹⁰ Sr	Предельно допустимым выбросом
Воздух	В подвальном помещении и на первом этаже здания для переработки и хранения	Источник	Фильтрующая лента, периодически передаваемая в лабораторию	Непрерывные измерения концентраций альфа- и бета-частиц в аэрозолях	Пределами радиационной защиты
Поверхностная вода	Вверх по течению ручья №1 в центре ближайшего поселка	Окружающая среда	Отбор проб вручную два раза в год	Гамма- спектрометрия, а также общие измерения бета- частиц и ³ H	Базовым уровнем

ТАБЛИЦА П-1. КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ХРАНЕНИЯ И ЗАХОРОНЕНИЯ
(продолжение)

Отбираемый компонент окружающей среды	Место мониторинга	Тип мониторинга	Метод пробоотбора	Метод измерения	Сравнение с
Поверхностная вода	В ручье №1 вверх по течению от площадки	Источник	Отбор проб вручную и выкачивание воды два раза в год	Общий подсчет бета-частиц и гамма-спектрометрия, а также измерение количества трития, радиоуглеродный анализ, измерения количеств ⁹⁰ Sr и измерения методом индуктивно связанной плазмы (ИСП)	Базовым уровнем
Поверхностная вода	В ручье №1 вниз по течению от площадки	Окружающая среда	Отбор проб вручную два раза в год	Общий подсчет бета-частиц и гамма-спектрометрия, а также измерение количества трития	Базовым уровнем
Поверхностная вода	Рыбоводный пруд вдоль ручья №1	Окружающая среда	Отбор проб вручную два раза в год	Общий подсчет бета-частиц и гамма-спектрометрия	Базовым уровнем

ТАБЛИЦА II-1. КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ХРАНЕНИЯ И ЗАХОРОНЕНИЯ
(продолжение)

Отбираемый компонент окружающей среды	Место мониторинга	Тип мониторинга	Метод пробоотбора	Метод измерения	Сравнение с
Поверхностная вода	Вверх по течению ручья №2 в центре ближайшего поселка	Окружающая среда	Тот же, что и для ручья №1	Тот же, что и для ручья №1	Базовым уровнем
Поверхностная вода	В ручье №2 вверх по течению от площадки	Окружающая среда	Тот же, что и для ручья №1	Тот же, что и для ручья №1	Базовым уровнем
Поверхностная вода	В ручье №2 вниз по течению от площадки	Окружающая среда	Тот же, что и для ручья №1	Тот же, что и для ручья №1	Базовым уровнем
Поверхностная вода	До и после места впадения в реку	Окружающая среда	Отбор проб вручную один раз в год	Общий подсчет бета-частиц и гамма-спектрометрия	Базовым уровнем
Поверхностная вода	20 км от места впадения в реку	Окружающая среда	Отбор проб вручную один раз в год	Общий подсчет бета-частиц и гамма-спектрометрия	Базовым уровнем

ТАБЛИЦА П-1. КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ХРАНЕНИЯ И ЗАХОРОНЕНИЯ
(продолжение)

Отбираемый компонент окружающей среды	Место мониторинга	Тип мониторинга	Метод пробоотбора	Метод измерения	Сравнение с
Дождевая вода	Резервуар для сбора дождевой воды объемом 90 м ³ (в контролируемой зоне)	Источник	Отбор проб вручную при заполнении резервуара	Общий подсчет бета-частиц и гамма-спектрометрия, а также измерение количества трития, радиоуглеродный анализ, измерения количества ³ H	Предельно допустимым выбросом
Дождевая вода	Резервуар для сбора дождевой воды объемом 60 м ³ (в контролируемой зоне)	Источник	Отбор проб вручную при заполнении резервуара	Общий подсчет бета-частиц и гамма-спектрометрия	Предельно допустимым выбросом
Подземная вода	На склонах вокруг площадки (23 скважины)	Окружающая среда	Отбор проб вручную и выкачивание воды два раза в год	Измерения ³ H, ¹⁴ C, общий подсчет бета-частиц, гамма-спектрометрия, измерения количеств ⁹⁰ Sr и измерения методом ИСП	Базовым уровнем

ТАБЛИЦА П-1. КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ХРАНЕНИЯ И ЗАХОРОНЕНИЯ
(продолжение)

Отбираемый компонент окружающей среды	Место мониторинга	Тип мониторинга	Метод пробоотбора	Метод измерения	Сравнение с
Подземная вода	Внутри пункта (десять скважин)	Источник	Отбор проб вручную и выкачивание воды два раза в год	Измерения ^3H , ^{14}C , общий подсчет бета-частиц, гамма-спектрометрия, измерения количеств ^{90}Sr и измерения методом ИСП	Базовым уровнем
Подземная вода	На гребне хребта, расположенного выше пункта захоронения (фоновые значения) (три скважины)	Окружающая среда (фоновые значения)	Отбор проб вручную и выкачивание воды два раза в год	Измерения ^3H , ^{14}C , общий подсчет бета-частиц, гамма-спектрометрия, измерения количеств ^{90}Sr и измерения методом ИСП	Базовым уровнем
Подземная вода	В контролируемой зоне (шесть скважин)	Источник	Ежемесячно выкачивание воды и ручной отбор проб ^3H , два раза в год — всех прочих проб	Измерения ^3H , ^{14}C , общий подсчет бета-частиц, гамма-спектрометрия, измерения количеств ^{90}Sr и измерения методом ИСП	Базовым уровнем

ТАБЛИЦА II-1. КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ХРАНЕНИЯ И ЗАХОРОНЕНИЯ
(продолжение)

Отбираемый компонент окружающей среды	Место мониторинга	Тип мониторинга	Метод пробоотбора	Метод измерения	Сравнение с
Отложения	Вдоль родников	Окружающая среда	Отбор проб ила из воды (без бентоса)	Общий подсчет бета-частиц и гамма-спектрометрия	Базовым уровнем
Почва	Внутри площадки (11 мест)	Источник	Отбор проб вручную раз в год	Общий подсчет бета-частиц и гамма-спектрометрия	Базовым уровнем
Почва	Внутри площадки (шесть мест)	Источник	Отбор проб вручную раз в год	Измерения ⁹⁰ Sr, общий подсчет бета-частиц и гамма-спектрометрия	Базовым уровнем
Почва	Вне площадки (четыре места)	Окружающая среда	Отбор проб вручную раз в год	Общий подсчет бета-частиц и гамма-спектрометрия	Базовым уровнем

ТАБЛИЦА II-1. КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ХРАНЕНИЯ И ЗАХОРОНЕНИЯ
(продолжение)

Отбираемый компонент окружающей среды	Место мониторинга	Тип мониторинга	Метод пробоотбора	Метод измерения	Сравнение с
Растения	Вдоль родников	Окружающая среда	Отбор проб вручную два раза в год	Общий подсчет бета-частиц и гамма-спектрометрия	Базовым уровнем
Растения	Внутри площадки (пять мест)	Окружающая среда	Отбор проб вручную два раза в год	Общий подсчет бета-частиц, гамма-спектрометрия, измерения ⁹⁰ Sr	Базовым уровнем
Животные	Из озера	Окружающая среда	Исследование целой рыбы, только из местного водоема, два раза в год	Общий подсчет бета-частиц, гамма-спектрометрия, измерения ⁹⁰ Sr	Базовым уровнем
Животные	Внутри площадки	Окружающая среда	Овцы на площадке, раз в год	Общий подсчет бета-частиц, гамма-спектрометрия, измерения ⁹⁰ Sr	Базовым уровнем

ТАБЛИЦА II-1. КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ХРАНЕНИЯ И ЗАХОРОНЕНИЯ
(продолжение)

Отбираемый компонент окружающей среды	Место мониторинга	Тип мониторинга	Метод пробоотбора	Метод измерения	Сравнение с
Гидрогеология	В 26 скважинах	Окружающая среда	Измерения ручными приборами два раза в год	Уровень воды в скважинах	Базовым уровнем
Гидрогеология	В восьми скважинах	Окружающая среда	Непрерывно установленными датчиками	Уровень воды в скважинах	Базовым уровнем
Гидрогеология	Два поперечных сечения в обоих ручьях	Окружающая среда	Измерения ручными приборами два раза в год	Мониторинг стока ручьев вверх и вниз по течению от площадки	Базовым уровнем
Радияция	In situ в шести местах	Окружающая среда	Раз в год	Гамма-спектрометрия in situ	Базовым уровнем
Радияция	Дозиметры на площадке пункта захоронения (семь)	Источник	Непрерывно установленными датчиками	Непрерывное измерение мощности дозы гамма-излучения	Пределами радиационной защиты

ТАБЛИЦА П-1. КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ХРАНЕНИЯ И ЗАХОРОНЕНИЯ
(продолжение)

Отбираемый компонент окружающей среды	Место мониторинга	Тип мониторинга	Метод пробоотбора	Метод измерения	Сравнение с
Радияция	Дозиметры в здании (23)	Источник	Непрерывно установленными датчиками	Непрерывное измерение мощности дозы гамма-излучения	Пределами радиационной защиты
Метеорология	Рядом с камерами для захоронения	Окружающая среда	Автоматическая метеорологическая станция	Ветер, температура, влажность, осадки	—
Геодезия	В четырех стационарных точках измерения	Окружающая среда	Измерения ручными приборами	Мониторинг поверхности земной коры, мониторинг движений земной поверхности	Базовым уровнем
Эрозия	На склонах	Окружающая среда	Непрерывно установленными датчиками	Мониторинг количества осадков и эродированных почв	—
Дренаж	Под камерами для захоронения	Надзор	Ручной отбор проб воды два раза в год	Измерение трития, гамма-спектрометрия	—

СОСТАВИТЕЛИ И РЕЦЕНЗЕНТЫ

Berkovsky, V	Международное агентство по атомной энергии
Bernier, F.	Федеральное агентство по ядерному контролю, Бельгия
Bruno, G.	Международное агентство по атомной энергии
Dupuis, C.	Институт радиационной защиты и ядерной безопасности, Франция
Hart, J.	Федеральное агентство по ядерному контролю, Бельгия
Hioki, K.	Японское агентство по атомной энергии, Япония
Jakubick, A.	«Висмут ГмбХ», Германия
Jova Sed, L.	Международное агентство по атомной энергии
Killey, R.W.D.	«Атомик энерджи оф Кэнада лимитед», Канада
Kozak, M.W.	«Мониторинг сайентифик», Соединенные Штаты Америки
Lush, D.	«ЭкоМетрикс, инк.», Канада
Mayer, S.	Национальное агентство по обращению с радиоактивными отходами, Франция
McEwen, T.	«Т. Макивен консалтинг», Соединенное Королевство
Moeller, K.	Международное агентство по атомной энергии
Rendell, P.	Управление по выводу из эксплуатации ядерных объектов, Соединенное Королевство
Rowat, J.H.	Международное агентство по атомной энергии
Ruhrmann, G.	«РурманиКонсалт», Германия



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