

СЕРИЯ НОРМ МАГАТЭ ПО БЕЗОПАСНОСТИ

Обращение с
радиоактивными
отходами,
образующимися при
добыче и переработке
руд

РУКОВОДСТВА

№ WS-G-1.2



IAEA

Международное агентство по атомной энергии

ПУБЛИКАЦИИ МАГАТЭ ПО ВОПРОСАМ БЕЗОПАСНОСТИ

НОРМЫ БЕЗОПАСНОСТИ МАГАТЭ

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

Публикации, посредством которых МАГАТЭ устанавливает нормы, выпускаются в **Серии норм МАГАТЭ по безопасности**. Эта серия охватывает вопросы ядерной безопасности, радиационной безопасности, безопасности перевозок, безопасности отходов, а также общей безопасности (т.е. все эти области безопасности). Категории публикаций в этой серии – это **Основы безопасности, Требования безопасности и Руководства по безопасности**.

Нормы безопасности обозначаются в соответствии со сферой их применения: ядерная безопасность (NS), радиационная безопасность (RS), безопасность перевозки (TS), безопасность отходов (WS) и общая безопасность (GS).

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

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

На этом сайте содержатся тексты опубликованных норм безопасности и проектов норм безопасности на английском языке. Тексты норм безопасности выпускаются на арабском, китайском, испанском, русском и французском языках, там также можно найти глоссарий МАГАТЭ по вопросам безопасности и отчет о положении дел с нормами безопасности, находящимися в стадии разработки. Для получения дополнительной информации просьба обращаться по адресу: P.O. Box 100, Wagramerstrasse 5, A-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, что они по-прежнему отвечают потребностям пользователей. Эта информация может быть направлена через интернет-сайт МАГАТЭ или по почте (см. адрес выше), или по электронной почте по адресу Official.Mail@iaea.org.

ДРУГИЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ВОПРОСАМ БЕЗОПАСНОСТИ

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

Доклады по вопросам безопасности и защиты в ядерной деятельности выпускаются в другой серии публикаций, в частности, в **Серии докладов по безопасности**. В Докладах по безопасности приводятся практические примеры и подробные описания методов, которые могут использоваться в поддержку норм безопасности. К другим сериям публикаций МАГАТЭ по вопросам безопасности относятся **Серия обеспечения применения норм безопасности, Серия докладов по радиологическим оценкам и Серия ИНСАГ Международной группы по ядерной безопасности**. МАГАТЭ выпускает также доклады по радиационным авариям и другие специальные публикации.

Публикации по вопросам безопасности выпускаются также в **Серии технических докладов - Серия ТЕСДОС МАГАТЭ, Серии учебных курсов и Серии услуг МАГАТЭ**, а также в качестве **Практических руководств по радиационной безопасности и Практических технических руководств по излучениям**. Публикации по вопросам физической безопасности выпускаются в **Серии МАГАТЭ по физической ядерной безопасности**.

ОБРАЩЕНИЕ С
РАДИОАКТИВНЫМИ ОТХОДАМИ,
ОБРАЗУЮЩИМИСЯ ПРИ ДОБЫЧЕ И
ПЕРЕРАБОТКЕ РУД

Членами Международного агентства по атомной энергии являются следующие государства:

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

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

Серия изданий по безопасности, № WS-G-1.2

ОБРАЩЕНИЕ С
РАДИОАКТИВНЫМИ ОТХОДАМИ,
ОБРАЗУЮЩИМИСЯ ПРИ ДОБЫЧЕ И
ПЕРЕРАБОТКЕ РУД

Руководство по безопасности

МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ
ВЕНА, 2005 ГОД

УВЕДОМЛЕНИЕ ОБ АВТОРСКОМ ПРАВЕ

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

Группа продажи и рекламы, Издательская секция
Международное агентство по атомной энергии
Wagramer Strasse 5
P.O. Box 100
A-1400 Vienna
Austria
fax: +43 1 2600 29302
tel.: +43 1 2600 22417
<http://www.iaea.org/books>

© МАГАТЭ, 2005

Напечатано МАГАТЭ в Австрии

Июль 2005

STI/PUB/1134

**ОБРАЩЕНИЕ С РАДИОАКТИВНЫМИ
ОТХОДАМИ, ОБРАЗУЮЩИМИСЯ ПРИ ДОБЫЧЕ
И ПЕРЕРАБОТКЕ РУД
МАГАТЭ, ВЕНА, 2005
ISBN 92-0-404104-8
ISSN 1020-5845**

ПРЕДИСЛОВИЕ

Мохамед ЭльБарадей
Генеральный директор

Одна из уставных функций МАГАТЭ сводится к тому, чтобы устанавливать или применять нормы безопасности для охраны здоровья, жизни и имущества в деятельности по освоению и применению ядерной энергии в мирных целях, а также обеспечивать применение этих норм как в своей собственной работе, так и в работе, в которой оказывается помощь, и, по требованию сторон, в деятельности, проводимой на основании любого двустороннего или многостороннего соглашения, или, по требованию того или иного государства, к любому виду деятельности этого государства в области ядерной энергии.

Наблюдение за разработкой норм безопасности осуществляют следующие консультативные органы: Комиссия по нормам безопасности (ККНБ); Комитет по нормам ядерной безопасности (НУССК); Комитет по нормам радиационной безопасности (РАССК); Комитет по нормам безопасности перевозки (ТРАНССК); и Комитет по нормам безопасности отходов (ВАССК). Государства-члены широко представлены в этих комитетах.

Чтобы обеспечить широчайший международный консенсус, нормы безопасности направляются также всем государствам-членам для замечаний перед их одобрением Советом управляющих МАГАТЭ (в случае Основ безопасности и Требований безопасности) или, от имени Генерального директора, Комитетом по публикациям (в случае Руководств по безопасности).

Нормы безопасности МАГАТЭ не имеют юридически обязательной силы для государств-членов, но они могут приниматься ими по их собственному усмотрению для использования в национальных регулирующих положениях, касающихся их собственной деятельности. Эти нормы обязательны для МАГАТЭ в отношении его собственной работы и для государств в отношении операций, в которых МАГАТЭ оказывает помощь. Любое государство, желающее вступить в соглашение с МАГАТЭ, касающееся его помощи в связи с выбором площадки, проектированием, строительством, вводом в эксплуатацию, эксплуатацией или снятием с эксплуатации ядерной установки или любой другой деятельностью, должно будет выполнять те части норм безопасности, которые относятся к деятельности, охватываемой соглашением. Однако следует помнить, что ответственность за принятие окончательных решений и юридическая ответственность в любых процедурах лицензирования возлагается на государства.

Нормы безопасности устанавливают важнейшие основы для безопасности, однако может также потребоваться включение более детальных требований, отражающих национальную практику. Кроме того, будут включаться, как правило, специальные вопросы, которые должны оцениваться экспертами на индивидуальной основе.

Физическая защита делящихся и радиоактивных материалов и АЭС в целом упоминается в надлежащих случаях, но не рассматривается подробно; к обязательствам государств в этом отношении следует подходить на основе соответствующих договорно-правовых документов и публикаций, разработанных под эгидой МАГАТЭ. Нерадиологические аспекты техники безопасности на производстве и охраны окружающей среды также прямо не рассматриваются; признано, что государства должны выполнять свои международные обязательства и обязанности относительно них.

Требования и рекомендации, изложенные в нормах безопасности МАГАТЭ, возможно, не полностью соблюдаются на некоторых установках, построенных в соответствии с принятыми ранее нормами. Решения о том, как нормы безопасности должны применяться на таких установках, будут приниматься государствами.

Внимание государств обращается на тот факт, что нормы безопасности МАГАТЭ, не являясь юридически обязательными, разработаны с целью обеспечения того, чтобы мирные применения ядерной энергии и радиоактивных материалов осуществлялись таким образом, который дает возможность государствам выполнять свои обязательства в соответствии с общепринятыми принципами международного права и правилами, касающимися охраны окружающей среды. Согласно одному такому общему принципу территория государства не должна использоваться так, чтобы причинить ущерб в другом государстве. Государства, следовательно, обязаны проявлять должную осмотрительность и соответствующую меру заботливости.

Гражданская ядерная деятельность, осуществляемая в рамках юрисдикции государств, как и любая другая деятельность, подпадает под действие обязательств, которые государства могут принимать согласно международным конвенциям в дополнение к общепринятым принципам международного права. Государствам надлежит принимать в рамках своих национальных юридических систем такое законодательство (включая правила) и другие нормы и меры, которые могут быть необходимы для эффективного выполнения всех взятых на себя международных обязательств.

РЕДАКЦИОННОЕ ПРИМЕЧАНИЕ

Дополнение, если оно включено, представляет собой неотъемлемую часть норм и имеет тот же статус, что и основной текст. Приложения, сноски и списки литературы, если они включены, содержат дополнительную информацию или практические примеры, которые могут оказаться полезными для пользователя.

Формулировка “должен, должна, должно, должны” используется в нормах безопасности в случаях, когда речь идет о требованиях, обязанностях и обязательствах. Для рекомендации желательного варианта используется формулировка “следует”.

Официальным является английский вариант документа.

Перевод настоящей публикации и научное редактирование/контроль качества этого перевода были выполнены Научно-техническим центром по ядерной и радиационной безопасности (НТЦ ЯРБ) Госатомнадзора России.

СОДЕРЖАНИЕ

1.	ВВЕДЕНИЕ.....	1
	История вопроса (1.1–1.4)	1
	Цель (1.5).....	2
	Область применения (1.6–1.11).....	2
	Структура (1.12).....	4
2.	АДМИНИСТРАТИВНАЯ, ЮРИДИЧЕСКАЯ И РЕГУЛИРУЮЩАЯ СТРУКТУРА	5
	Национальная политики и стратегия (2.1–2.5)	5
	Ответственность (2.6–2.12)	6
3.	ЗАЩИТА ЗДОРОВЬЯ ЧЕЛОВЕКА И ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ...	9
	Общие вопросы (3.1–3.4)	9
	Радиационная защита персонала (3.5–3.9)	10
	Радиационная защита населения (3.10–3.20).....	12
	Решение нерадиологических вопросов (3.21–3.24).....	15
4.	СТРАТЕГИЯ ОБРАЩЕНИЯ С ОТХОДАМИ.....	17
	Общие сведения (4.1–4.8)	17
	Варианты обращения с отходами (4.9–4.27)	19
5.	ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ НА РАЗЛИЧНЫХ ЭТАПАХ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ	24
	Выбор площадки (5.1–5.4)	24
	Проектирование и сооружение (5.5–5.7)	25
	Эксплуатация (5.8–5.9).....	26
	Закрытие (5.10–5.13)	27
	Снятие регулирующего контроля (5.14–5.15)	28
6.	ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ.....	29
	Общие сведения (6.1–6.6)	29
	Критерии безопасности (6.7).....	30

Определение характеристик отходов (6.8)	31
Идентификация и определение характеристик вариантов площадки (6.9–6.11)	31
Идентификация и определение характеристик вариантов обращения с отходами, включая проведение технического контроля (6.12)	32
Идентификация и описание вариантов институционального контроля (6.13)	32
Идентификация и описание возможных нарушений институционального и технического контроля (6.14–6.15)	32
Анализ безопасности (6.16–6.17)	33
Сравнение оцененных доз и рисков с ограничениями (6.18–6.19) . . .	34
Оптимизация защиты (6.20–6.24)	34
 7. ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА (7.1–7.3)	 36
 8. МОНИТОРИНГ И НАБЛЮДЕНИЕ (8.1–8.10)	 37
 9. ИНСТИТУЦИОНАЛЬНЫЙ КОНТРОЛЬ НА ЭТАПЕ ПОСЛЕ ЗАКРЫТИЯ (9.1–9.4)	 39
 10. СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ	 41
 СОСТАВИТЕЛИ И РЕЦЕНЗЕНТЫ	 45
ОРГАНЫ, УЧАСТВУЮЩИЕ В ОДОБРЕНИИ НОРМ БЕЗОПАСНОСТИ.	47

1. ВВЕДЕНИЕ

ИСТОРИЯ ВОПРОСА

1.1. Радиоактивные отходы, образующиеся при добыче и переработке полезных ископаемых, особенно урановых (U) и ториевых (Th) руд, имеют отличия от отходов, образующихся на атомных электрических станциях, на большинстве промышленных производств, а также в медицинских учреждениях. В радиоактивных отходах, образующихся в результате деятельности по добыче и переработке полезных ископаемых, содержатся только низкие концентрации радиоактивных материалов, но количество отходов велико по сравнению с отходами других установок. Поэтому применяются иные методы обращения, и обычно отходы размещаются либо на поверхности, либо на небольшой глубине от поверхности, в непосредственной близости от мест добычи и/или переработки. Кроме того, отходы содержат долгоживущие радионуклиды, что является важным при обращении с ними, так как требуются длительные периоды надзора.

1.2. Радиоактивные отходы образуются на всех этапах процессов добычи и переработки руд и включают, помимо отходов переработки, пустые породы¹, породы с низкими концентрациями полезного ископаемого², а также технологические воды, в том числе растворы выщелачивания. Дождевые и талые воды, стекающие с отвалов и с площадок предприятий по переработке урана, также требуют специального обращения.

1.3. Опасность отходов, образующихся при добыче и переработке руд, для человеческого организма и окружающей среды обусловлена не только их радиоактивностью, но и наличием в этих отходах токсичных химических веществ и других вредных материалов. Разработка последовательного регулирующего

¹ Пустые породы – это материал, извлеченный из недр, который не представляет какой-либо значительной радиологической опасности и не требует обращения с целью защиты здоровья человека и окружающей среды. Пустая порода нуждается в обращении по другим причинам, например, контроль эрозии (размыва и перемещения материала пустой породы) с целью предотвращения отложений ила в местных поверхностных водных объектах.

² Породы с низкими концентрациями полезного ископаемого – материал, извлеченный из недр, обладающий химическими и радиологическими характеристиками, вызывающими необходимость обращаться с ним так, чтобы была обеспечена защита человека и окружающей среды.

подхода для осуществления защиты от данных вредных воздействий является сложной задачей для национальных регулирующих органов. Основное внимание в данной публикации уделено борьбе с радиологическими опасностями, связанными с отходами, образующимися при добыче и переработке руд, но данным материалом также можно воспользоваться в случае, если регулирующим органам необходимо особо учитывать нерадиологические опасности.

1.4. Настоящая публикация отменяет действие издания “Безопасное обращение с отходами, образующимися при добыче и переработке урановых и ториевых руд”, Серия изданий по безопасности № 85, выпущенного в 1987 году.

ЦЕЛЬ

1.5. Целью настоящего руководства по безопасности является обеспечение рекомендациями и руководством по безопасному обращению с отходами, образующимися в результате добычи и переработки руд. Рекомендации настоящего руководства по безопасности относятся, прежде всего, к новым установкам. Существующие установки не обязательно должны соответствовать всем этим рекомендациям. Однако согласно национальной политике в области безопасного обращения с отходами могут быть предприняты соответствующие шаги с целью рассмотрения состояния безопасности существующих установок и, насколько это практически возможно, повышения уровня их безопасности в соответствии с рекомендациями, изложенными в настоящем руководстве по безопасности.

ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

1.6. В настоящем руководстве по безопасности рассматриваются стратегии и протоколы выбора площадки, проектирования, сооружения, эксплуатации и закрытия установок, необходимые для обеспечения защиты персонала, населения и окружающей среды от вредных воздействий (как в настоящее время, так и в будущем), обусловленных радиоактивными отходами, образующимися в результате добычи и переработки руд. Закрытие означает технические и административные действия, необходимые для перевода установки по обращению с отходами или их захоронению в приемлемое состояние после завершения ее эксплуатации. Понятие “закрытие” может применяться к хвостам переработки руд: отвалам пустой породы и отвалам кучного выщелачивания. Другие части установок, использовавшиеся при добыче и переработке урановых/ториевых руд (например, наземные сооружения), могут быть сняты с

эксплуатации методами, применяемыми в других областях ядерной промышленности. Рекомендации и руководства по снятию с эксплуатации подобными методами содержатся в другой публикации МАГАТЭ [1].

1.7. В настоящем руководстве по безопасности содержатся рекомендации в отношении тех видов деятельности по обращению с отходами, образующимися при добыче и переработке руды, которые рассматриваются как “практика”.³ Из-за несовершенной практики обращения с отходами в прошлом добыча и переработка некоторых руд часто приводили к образованию отходов, к которым нецелесообразно применять все принципы, разработанные для различных видов практики. В подобных случаях регулирующему органу следует решить, рассматривать ли деятельность по обращению с отходами в подобных ситуациях как “практику” или как “вмешательство”.⁴

1.8. Содержащиеся в настоящей публикации руководящие материалы особенно применимы в отношении добычи и переработки урановых и ториевых руд. Однако они могут также применяться и в отношении обращения с отходами, образующимися при добыче и переработке других руд, имеющих повышенную радиоактивность (например, минеральные пески, металлы и фосфориты). С этими отходами следует обращаться именно как с радиоактивными, так как радионуклиды, которые в них содержатся, могут оказывать вредное воздействие на людей и на окружающую среду. В таких случаях регулирующим органам следует определять применимость руководящих материалов, исходя из требований по защите и безопасности, установленные в ОНБ и в национальных регулирующих положениях.

³ “Практика”, как определено в Основных нормах безопасности (ОНБ), представляет собой “любую деятельность человека, при осуществлении которой вводятся дополнительные источники облучения или создаются дополнительные пути облучения или увеличивается число людей, подвергающихся облучению, или изменяется структура путей облучения от существующих источников, так, что увеличивается либо само облучение, либо вероятности облучения людей, либо число облучаемых людей” [2]. Необходимо отметить, что в некоторых региональных организациях термин “практика” не относится к деятельности, связанной с естественными радиоактивными материалами, в тех случаях, когда эти материалы используются не из-за их радиоактивных свойств или их способности к делению. На такие материалы может, тем не менее, распространяться действие различных положений регулирующих документов.

⁴ “Вмешательство”, как определено в ОНБ, представляет собой “любое действие, направленное на снижение или предотвращение облучения или возможности облучения от источников, которые не являются частью контролируемой практической деятельности или которые вышли из-под контроля вследствие аварии”[2].

1.9. В настоящем руководстве по безопасности не рассматривается использование установок, предназначенных для обращения с отходами, образующимися при добыче и переработке руд, для захоронения радиоактивных и нерадиоактивных вредных отходов, поступающих от других частей ядерного топливного цикла или от других видов практики. Химические, физические и радиологические параметры подобных отходов могут значительно отличаться от соответствующих параметров отходов добычи и переработки руд; например, материалы, загрязненные продуктами деления или продуктами активации, могут нуждаться в различных технических подходах при обращении или захоронении. Поэтому при рассмотрении совместного обращения с другими отходами [3,4] следует принимать во внимание другие аспекты безопасности и экологические аспекты в дополнение к тем, которые рассматриваются в настоящем руководстве по безопасности.

1.10. Радиологические аспекты безопасности при производстве и переработке урановых и ториевых руд рассматриваются в других публикациях МАГАТЭ [5,6].⁵ Контроль облучения персонала и населения и воздействие на окружающую среду в результате обычных радиоактивных выбросов или транспортировки отходов обсуждаются в других нормах безопасности МАГАТЭ [7,8].

1.11. Определенные нерадиологические характеристики отходов могут представлять собой значительные опасности и риски, которые требуют рассмотрения. Детальное рассмотрение требований по защите здоровья человека и окружающей среды от этих опасностей и рисков не входит в круг вопросов настоящего руководства по безопасности. Однако подобные опасности следует учитывать при комплексной оптимизации защиты, входящей в круг вопросов настоящего руководства по безопасности.

СТРУКТУРА

1.12. Административная, юридическая и регулирующая основа, необходимая для безопасного обращения с отходами, образующимися при добыче и переработке руд, изложена в разделе 2. Принципы и критерии, используемые для определения приемлемого уровня безопасности во время эксплуатации и после закрытия установок по обращению с отходами, обсуждаются в разделе 3. Степень защиты здоровья людей и окружающей среды от воздействия отходов,

⁵ Руководство по безопасности, посвященное радиационной защите персонала при добыче и переработке сырья, находится в стадии подготовки.

образующихся при добыче и переработке руд, будет зависеть от характеристик отходов, площадки и установок по обращению с отходами. Стратегии обращения с отходами обсуждаются в разделе 4. Соображения безопасности при обращении с отходами на всех стадиях деятельности по добыче и переработке руд обсуждаются в разделе 5. Процесс рассмотрения всех соответствующих вопросов, связанных с разработкой стратегии обращения с отходами и установок по обращению с отходами с целью обеспечения того, чтобы был обеспечен приемлемый уровень защиты здоровья людей и окружающей среды (“оценка безопасности”), обсуждается в разделе 6. Руководящие материалы по разработке и осуществлению программы обеспечения качества для обращения с отходами содержится в разделе 7. Программа контроля и надзора для установок по обращению с отходами обсуждается в разделе 8. Институциональный контроль за установками по обращению с отходами после их закрытия обсуждается в разделе 9.

2. АДМИНИСТРАТИВНАЯ, ЮРИДИЧЕСКАЯ И РЕГУЛИРУЮЩАЯ ОСНОВА

НАЦИОНАЛЬНАЯ ПОЛИТИКА И СТРАТЕГИЯ

2.1. Государствам, планирующим осуществление деятельности по добыче и переработке руд, требуется разработать:

- (a) национальную политику по обращению с соответствующими отходами;
- (b) стратегию по применению этой политики, включая обеспечение необходимыми ресурсами ([3], Принцип 6).

2.2. Следует, чтобы политика и стратегия отражали принципы обращения с радиоактивными отходами и соответствовали им, как изложено в [3] и в разделах 3-6 настоящей публикации.

2.3. Большинство отходов добычи и переработки урано/ториевых руд содержит нерадиологические вредные компоненты, такие же, как присутствующие в отходах добычи других полезных ископаемых. Государствам при разработке национальной политики и стратегии следует стремиться к согласованному подходу ко всем вредным компонентам, возникающим при добыче и переработке руд.

2.4. Государствам следует рассмотреть необходимость и объем вовлечения и опроса населения в рамках осуществления процесса регулирования. Расширение опроса населения является характеристикой процесса выдачи разрешения во многих государствах. Однако, ответственность за принятие регулирующего решения остается возложенной на регулирующий орган. Следует, чтобы процесс принятия решения был прозрачным, независимым и допускающим защиту таким образом, чтобы в случае несогласия с решением регулирующий орган мог бы объяснить, каким образом оно было принято.

2.5. Регулирующему органу следует сохранять высокий уровень понимания технических и финансовых вопросов, возникающих у эксплуатирующей организации, с тем чтобы обеспечивать безопасную эксплуатацию установки и выделение достаточного финансирования для осуществления необходимых действий в случае любых аварий и закрытия установки.

ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

2.6. Требования для всех видов ответственности при обращении с радиоактивными отходами детально изложены в [9]. Сюда входит создание юридической основы и соответствующего регулирующего органа.

Регулирующий орган

2.7. Регулирующий орган несет ответственность за разработку соответствующих правил, критериев и руководящих принципов, а также за создание надлежащей системы лицензирования в рамках юридической основы. Следует, чтобы в этом процессе осуществления были предусмотрены общие требования и виды деятельности (например, составление правил и установление критериев лицензирования), а также специфические требования (т.е. требования по проведению инспекций и экспертиз радиологических аспектов безопасности), и в нем следует четко определить ответственность участвующих сторон. Следует также, чтобы в нем был охвачен полный производственный цикл добычи и переработки руд в аспекте проблем, имеющих отношение к обращению с отходами. Пример процесса регулирования в отношении новой установки по добыче и переработке руд приведен на рис. 1, причем процессы регулирования в отдельных государствах могут отличаться от этого примера в деталях. Следует, чтобы регулирующий орган обеспечивал выполнение эксплуатирующей организацией всех юридических требований.

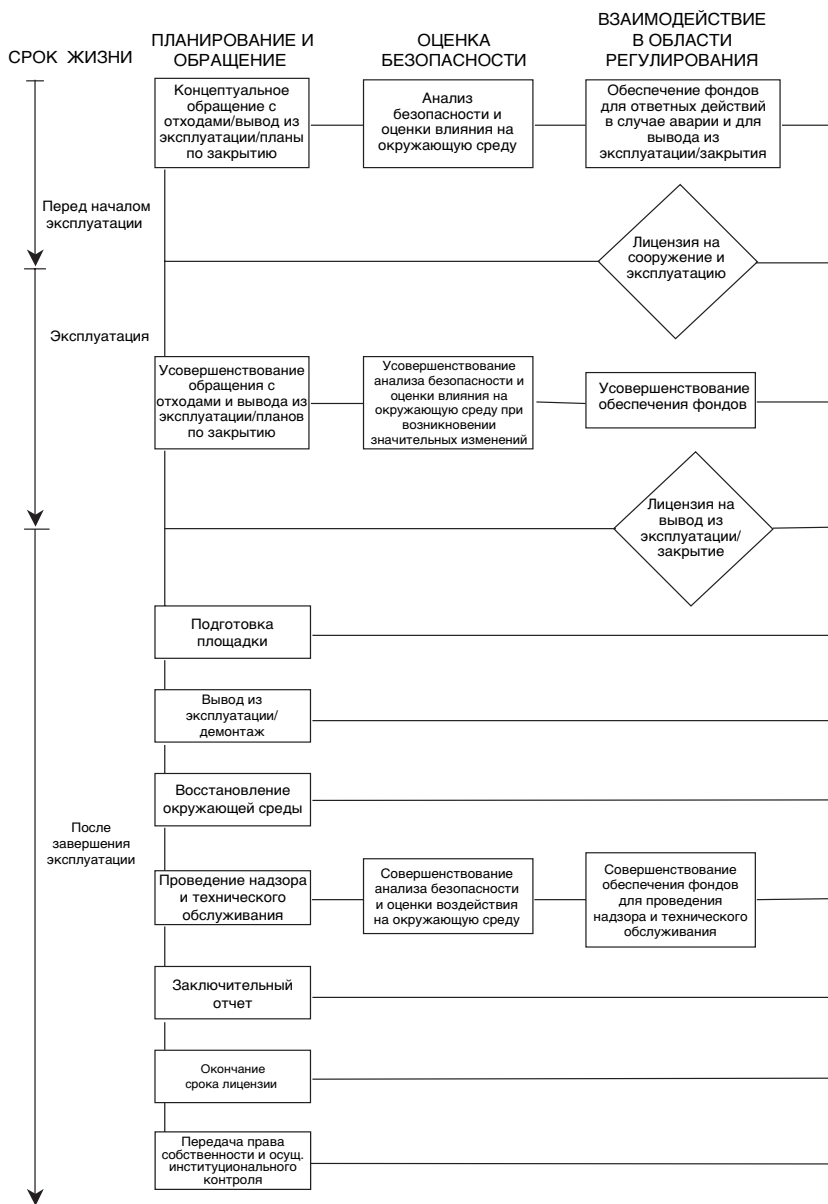


РИС. 1. Пример процесса регулирования для использования на новых установках по обращению с отходами от добычи и переработки.

2.8. После закрытия установки по добыче и переработке руд и удостоверившись, что эксплуатирующая организация выполнила все обязательные требования, регулирующему органу следует убедиться, что ответственность за отходы передана эксплуатирующей организацией иной соответствующей организации, имеющей возможность осуществлять любой вид необходимого институционального контроля [4]. Во многих случаях органом, имеющим наибольшие возможности проведения данного контроля, является правительственная организация. В регулирующей основе следует предусмотреть механизм такой передачи ответственности. Следует также предусмотреть механизм, обеспечивающий наличие и сохранение в будущем финансирования, необходимого для поддержки институционального контроля. Эти механизмы или планы по их формированию следует определять заранее при разработке необходимых действий.

2.9. Регулирующему органу следует обеспечить создание механизма информирования предполагаемых покупателей земель, подвергшихся воздействию отходов добычи и переработки руд, обо всех соответствующих деталях, включая следующее:

- (a) характер отходов и степень их воздействия на земли;
- (b) любые ограничения использования данной территории;
- (c) любые обязательства землевладельца в отношении проведения мониторинга, надзора и содержания.

2.10. Посредством этого механизма следует также обеспечивать информирование соответствующего органа о любой предстоящей передаче прав собственности на землю к другому владельцу, с тем чтобы этот орган мог обеспечить выполнение продавцом в полном объеме обязательств в отношении информирования предполагаемого покупателя о соответствующих деталях, указанных в пункте 2.9.

Эксплуатирующая организация

2.11. Требуется, чтобы организация, эксплуатирующая установки по обращению с отходами, образующимися при добыче и переработке руд, несла ответственность за все аспекты безопасности установок, включая защиту персонала, населения и окружающей среды от вредных воздействий, вызванных отходами, и эту ответственность требуется нести вплоть до завершения закрытия установок ([10] пункт 3.11). Требуется также, чтобы эксплуатирующая организация несла ответственность за выполнение всех юридических требований. Если по какой либо причине эксплуатирующая организация не

может больше выполнять свои обязанности, их следует принять на себя правительственной организации.

2.12. Эксплуатирующей организации установок по добыче и переработке руд следует разрабатывать технические и административные предложения, принимая во внимание требования по обеспечению качества ([10], пункт 7.6) для всех аспектов защиты здоровья человека и окружающей среды, и эти предложения следует принимать после рассмотрения и одобрения регулирующим органом.

3. ЗАЩИТА ЗДОРОВЬЯ ЧЕЛОВЕКА И ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ

3.1. Обращение с отходами, образующимися при добыче и переработке руд, требует применения мер, обеспечивающих приемлемую защиту здоровья людей и окружающей среды в соответствии с требованиями и рекомендациями МАГАТЭ, содержащимися в [2,5,6] и в публикациях Международной комиссии по радиологической защите (МКРЗ) [11,13].

3.2. Обращение с отходами, образующимися при добыче и переработке руд, является частью управления практикой, как определено в ОНБ, и поэтому соображения, связанные с радиационной защитой, определяются принципами обоснования, оптимизации и ограничения доз.

3.3. Считается общепринятым, что применение мер радиационной защиты здоровья человека в соответствии с требованиями ОНБ является достаточным для обеспечения того, что представители других биологических видов не подвергаются чрезмерному риску. Регулирующим органам следует разработать критерии для особых ситуаций, когда вышеуказанные меры не будут достаточны для других биологических видов.

3.4. На рисунке 2 показан процесс, описанный в настоящем руководстве по безопасности, которого следует придерживаться для обеспечения приемлемого уровня защиты здоровья человека и окружающей среды от облучения, вызываемого отходами, образующимися при добыче и переработке руд. Следует понимать, что многие предпринимаемые шаги, указанные на рис. 2, взаимосвязаны.

РАДИАЦИОННАЯ ЗАЩИТА ПЕРСОНАЛА

3.5. Работники предприятий по добыче и переработке руды могут получать дозы облучения от руды, рудного концентрата, продуктов переработки (например, U_3O_8), взвешенной пыли, технологических растворов, промышленных и аналитических источников излучения (например, от измерительного и аналитического оборудования, в котором используется рентгеновская флюоресценция), от дочерних продуктов - радона и торона, и от радиоактивных отходов. Защиту работников от радиологических опасностей, обусловленных отходами добычи и переработки руд, не следует рассматривать без учета таких других источников радиационного облучения. Эксплуатирующие организации, занимающиеся добычей и переработкой руд, должны иметь всеобъемлющую программу радиационной защиты в соответствии с ОНБ, которая относится ко всем источникам профессионального радиационного облучения, происходящего в процессе добычи и переработки руды, в том числе от радиоактивных отходов.

3.6. Требуется, чтобы доза профессионального облучения персонала на предприятиях по добыче или переработке руды от всех источников облучения, включая радиоактивные отходы, не превышала: эффективную среднегодовую дозу 20 мЗв в течение пяти лет подряд; эффективную дозу 50 мЗв, замеренную за один любой год; эквивалентную дозу для хрусталика глаза 150 мЗв в год; и эквивалентную дозу для нижних и верхних конечностей (рук и ног) или кожного покрова 500 мЗв в год ([2], пункт II-5).

3.7. Кроме того, требуется оптимизация радиационной защиты для того, чтобы дозы для персонала сохранялись на разумно достижимом низком уровне (принцип ALARA) с учетом социальных и экономических факторов ([2], пункт 24).

3.8. Радиоактивные отходы добычи и переработки руд являются открытым источником излучения. Поэтому для защиты персонала должны быть приняты во внимание следующие пути облучения:

- (a) внешнее гамма- и бета- излучение, включая загрязнение кожных покровов;
- (b) вдыхание аэрозолей, пыли и газов;
- (c) поступление радиоактивных веществ с пищей.

3.9. Следует, чтобы программа радиационной защиты персонала соответствовала рекомендациям и руководящим материалам, изложенным в [14-16].

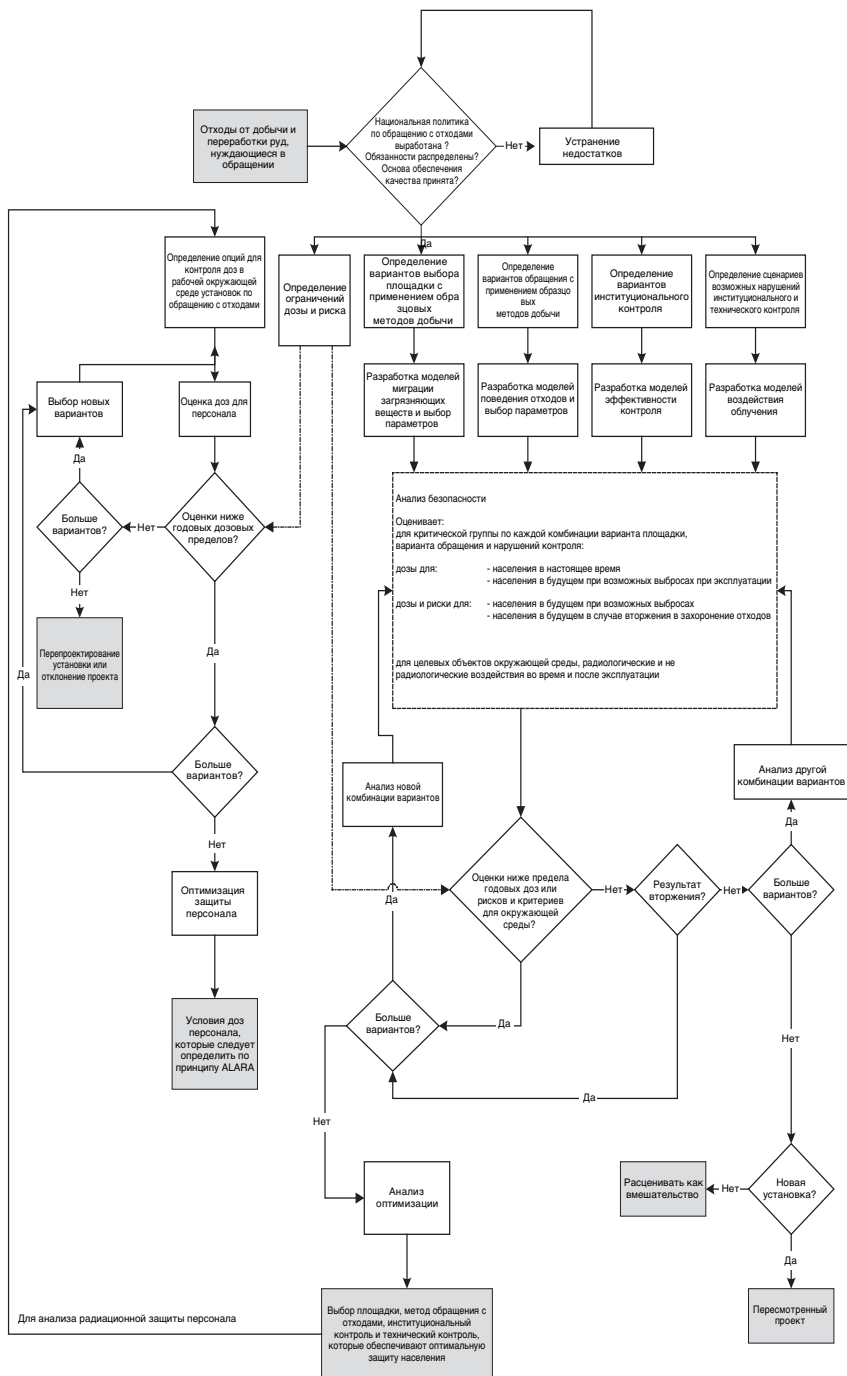


РИС. 2. Процесс обращения с отходами от добычи и переработки руд.

РАДИАЦИОННАЯ ЗАЩИТА НАСЕЛЕНИЯ

3.10. Высвобождение радионуклидов из радиоактивных отходов в окружающую среду, происходящее при добыче и переработке руд и последующей деятельности по обращению с отходами, может приводить к радиоактивному облучению некоторой части населения. В отношении подобных выбросов радионуклидов используют критерии, применяющиеся в случае выбросов в рамках любой другой практической деятельности, при которой осуществляется обращение с радиоактивными материалами, как и в случае защиты персонала, следует, чтобы национальные требования по радиационной защите соответствовали ОНБ [2]. Однако так как отвалы горных выработок и хвосты переработки будут представлять собой потенциальную опасность для здоровья людей и после закрытия предприятия, то могут потребоваться дополнительные анализы и меры для обеспечения защиты последующих поколений. Осуществление подобных мер не следует откладывать до закрытия производства, их следует рассматривать и выполнять при проектировании, сооружении и эксплуатации установок по добыче и переработке руд. Защиту населения с самого начала эксплуатации установки и вплоть до периода после ее закрытия следует продумать полностью, с начала проектирования установок. Следует, чтобы общая цель и дополнительные критерии, разработанные специально для обращения с радиоактивными отходами, соответствовали этим соображениям.

3.11. Хотя отходы добычи и переработки руд содержат только естественные радионуклиды, эти радионуклиды не могут рассматриваться только в их природных состояниях и концентрациях, так как их физические и химические формы могут существенно измениться, а на облучение может оказывать воздействие эксплуатация установок по обращению с отходами. Облучение, связанное с такими отходами, не следует рассматривать как облучение, создаваемое естественным радиационным фоном, а облучение населения, связанное со всеми отходами добычи и переработки руд, следует включить в систему радиационной защиты при практической деятельности, как этого требует ОНБ [2].

Радиационная защита при эксплуатации

3.12. Требуется, чтобы установки по обращению с отходами были спроектированы и эксплуатировались таким образом, чтобы при их эксплуатации радиационная защита работников, населения и окружающей среды была оптимизирована относительно дозовых нагрузок в соответствии с принципами ALARA, с учетом социальных и экономических факторов ([2], пункт 2.24). Кроме того, требуется, чтобы дозы для критической группы населения,

связываемые с практической деятельностью, не превышали эффективную дозу 1 мЗв в год; или, при особых обстоятельствах, эффективная доза не превышала 5 мЗв за один год при условии, что средняя доза за пять лет подряд не превышает 1 мЗв в год ([2], пункт II-8).

3.13. Предел дозы, установленный в [2], применяется ко всем дозам, полученным членами критической группы от всех видов практической деятельности, находящихся под регулирующим контролем, включая уже ведущуюся деятельность, независимо от того, относится она или не относится к добыче и переработке руд. Поэтому регулирующим органам следует определять ежегодное дозовое ограничение для каждой операции по добыче и переработке руд, что обеспечит непревышение общего дозового предела, с учетом также выбросов и облучения, ожидаемых от всех других соответствующих источников и видов практической деятельности, включая каждую известную будущую установку или вид практической деятельности, которые могут приводить к дополнительным дозам.

3.14. Дозы облучения будут получены некоторой частью населения после закрытия установок из-за выбросов радионуклидов, которые происходят во время эксплуатации. Следует, чтобы эти дозы не превышали ограничение годовой дозы, установленное регулирующим органом, так чтобы не превышался предел годовой дозы для населения с учетом ожидаемых доз от всех соответствующих источников облучения. Это соответствует принципу, согласно которому “Обращение с радиоактивными отходами должно осуществляться таким образом, чтобы предсказуемые последствия для здоровья будущих поколений не превышали соответствующие уровни последствий, которые приемлемы в наши дни” ([3], принцип 4).

Радиологическая защита после закрытия

3.15. Установки по обращению с отходами следует проектировать и эксплуатировать таким образом, чтобы дозы облучения для критической группы после закрытия оставались в пределах ограничения годовой дозы, как определено регулирующим органом, причем эти дозы облучения составляют часть дозового предела для населения, как указано в п. 3.12. Регулирующий орган может также пожелать задать ограничение риска для вероятностной оценки. МКРЗ рекомендованы в качестве приемлемых верхние пределы величин: 0,3 мЗв и риск порядка 10^{-5} в год [12,13].

3.16. Сочетание институционального и технического контроля (см. п. 9.1) может быть использовано для достижения уровня радиационной защиты,

который соответствует ограничениям по дозе и риску, определенным регулирующим органом. Независимо от сочетания мер институционального и технического контроля следует, чтобы имела достаточная уверенность в том, что эти виды контроля останутся эффективными на указанный период. Следует, чтобы во время периода проведения эффективного институционального и технического контроля на закрытой установке соблюдались ограничения по дозе и риску, установленные регулирующим органом. Следует, чтобы продолжительность периода институционального контроля была предложена эксплуатирующей организацией во время процесса лицензирования и была подтверждена оценкой безопасности. Это предложение следует направить в регулирующий орган для утверждения. Решение регулирующего органа может базироваться не только на технической основе, но и на общественном мнении; регулирующий орган принимает решение в каждом отдельном случае. Регулирующему органу следует предоставить достаточные гарантии того, что такой контроль сохранится в течение требуемого периода.

3.17. Учитывая местные условия, на многих установках по захоронению хвостов переработки требуемые периоды контроля могут быть очень длительными или даже бесконечными. Однако понятно, что абсолютная уверенность не может быть достигнута и что существует возможность того, что в долгосрочном плане возникнут нарушения. Поэтому следует, чтобы альтернативные варианты при проектировании и выборе площадки были такими, чтобы они сводили к минимуму необходимость проведения активного институционального контроля. Для достижения этой цели последствия непроведения институционального контроля и проникновения человека следует определять посредством выполнения оценок характеристик, проводимых с целью оценки проекта. Для целей оценки характеристик установки по захоронению регулирующему органу следует рассмотреть предложенный в расчетах период по оценке характеристик, на протяжении которого, как предполагается, институциональный контроль остается эффективной мерой. Последствия прекращения институционального контроля и последующего проникновения человека следует принимать во внимание при выдаче разрешения на эксплуатацию установки по захоронению.

3.18. Технологический контроль может быть прерван из-за природных процессов (например, эрозии) или событий, в результате которых возрастут выбросы радионуклидов в окружающую среду. Эти события и процессы имеют вероятностный характер и, при правильно спроектированных системах обращения с отходами, будут иметь вероятность возникновения значительно меньше единицы в любом заданном году. Тем не менее, их следует рассматривать в качестве потенциальных источников облучения, даже если при их оценке для

очень длительных периодов можно допустить, что некоторые из этих событий будут иметь высокую вероятность возникновения, например, проникновение в хвостохранилища, что приведет к облучению нескольких человек. Следует уделить соответствующее внимание рассмотрению вероятности возникновения события и его возможному влиянию на целостность системы захоронения.

3.19. Трудности возникают, если состояние существующих установок по обращению с отходами не соответствует, после их закрытия, ограничениям по дозе и риску, установленным регулирующим органом для новых установок по обращению с отходами. Так как значение оцененной дозы возрастает при проникновении, следует затратить большие усилия для уменьшения вероятности подобного проникновения и/или его радиологических последствий по принципу ALARA. При вынесении суждения, что является “разумно достижимым” в данном контексте, одним из первоочередных параметров является доза, при которой вмешательство рассматривалось бы, если бы событие произошло сегодня. По существующим международным рекомендациям эта величина составляет примерно 10 мЗв в год [2,17]. Если дозы в результате проникновения окажутся ниже этой величины, тогда вмешательство не может быть обосновано. Тем не менее, некоторые государства могут настаивать на введении более низких величин, которые более подходят к их конкретным условиям. Если дозы, возникающие вследствие проникновения, оцениваются как более высокие, чем эта величина, то следует рассмотреть применение дальнейших усилий по снижению доз, являющихся результатом проникновения. Другие параметры следует также рассмотреть при оценке того, что является “разумно достижимым”.

3.20. Основной целью анализа событий проникновения является не защита потенциального вторгшегося человека, а оказание помощи при проектировании гибкой и надежной системы захоронения. Следует, чтобы план закрытия включал механизмы для предотвращения проникновения. Потенциальные временные события проникновения следует анализировать для получения информации, используемой в поддержку проекта стабильной системы захоронения. Подобный анализ может также быть полезен при планировании минимизации последствий временных событий проникновения.

РЕШЕНИЕ НЕРАДИОЛОГИЧЕСКИХ ВОПРОСОВ

3.21. Отходы, образующиеся при добыче и переработке руд, создают, кроме того, повышенные нерадиологические опасности для организма человека и для окружающей среды. Некоторые из таких нерадиологических опасностей будут

аналогичны опасностям, возникающим при добыче и переработке прочих полезных ископаемых. При планировании обращения с этими отходами следует принимать во внимание как радиологические, так и нерадиологические опасности.

3.22. Что касается радиоактивных загрязняющих веществ, то любая химическая токсичность может вызвать вредные для окружающей среды воздействия при концентрациях, которые гораздо ниже, чем необходимо для произведения радиологического эффекта. Подобные концентрации могут возникать даже при выбросах, соответствующих критериям, установленным специально для радиологической защиты человека, в особенности, если критическая группа находится на удалении от источника.

3.23. Эти потенциальные воздействия следует рассматривать уже на стадии планирования проекта предприятия по добыче и переработке руд и периодически пересматривать на протяжении всего жизненного цикла проекта. Образцовую практику добычи руд следует обеспечивать, учитывая необходимость радиологической защиты, так как целью подобной практики является сведение к минимуму загрязнения от источника, загрязнения твердыми отложениями и кислотных выбросов посредством тщательного выполнения проектирования, сооружения, эксплуатации и закрытия. Следует, чтобы любой выброс загрязняющих веществ и отложений в окружающую среду соответствовал критериям, предписанным соответствующим регулирующим органом.

3.24. При оценке этих воздействий следует рассматривать различные процессы. Например, загрязняющие вещества могут попадать в окружающую среду посредством просачивания, с поверхностными стоками (растворенные загрязняющие вещества и взвеси) и с шахтными водами. Дренаж кислотных шахтных вод является особой проблемой, возникающей при добыче сульфидных руд. Образование кислоты может привести к снижению pH близлежащих водных систем и к накоплению загрязняющих веществ, особенно тяжелых металлов, что может неблагоприятно повлиять на экосистемы поверхностных водоемов. Кроме химических воздействий, взвеси, образующиеся при размыве отходов, могут увеличить мутность или послужить причиной значительного заиливания поверхностных водных систем в пределах водосборных площадей и нанести вред экосистемам, находящимся ниже по течению водных потоков.

4. СТРАТЕГИЯ ОБРАЩЕНИЯ С ОТХОДАМИ

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

4.1. Принципы обращения с радиоактивными отходами, изложенные в Основах безопасности МАГАТЭ (см. [3], пункт 107), применяются в целях осуществления стратегий обращения с отходами, образующимися при добыче и переработке руд.

4.2. Разработка стратегии обращения с отходами обычно представляет собой комплексный процесс, целью которого является достижение разумного баланса между двумя, часто конфликтующими аспектами: максимальным снижением риска и минимизацией финансовых затрат. Процесс является некоторого рода оптимизацией защиты, при которой оцениваются и сравниваются существующие альтернативы по выбору площадки, проектированию и сооружению, эксплуатации, обращению с отходами и закрытию установки с учетом всех возможных при этом положительных и отрицательных сторон, а также каких-либо ограничений (например, ограничения годовой дозы), которые должны налагаться. Характеристики этих альтернатив (или вариантов), которые следует рассмотреть, включают:

- (a) радиологические и нерадиологические воздействия на здоровье человека и окружающую среду во время эксплуатации и в будущем;
- (b) требования к мониторингу, проведению техобслуживания и контролю во время эксплуатации и после закрытия;
- (c) любые виды ограничений на использование в будущем собственности или водных ресурсов;
- (d) финансовую стоимость различных альтернатив и ресурсов, имеющихся для осуществления этих альтернатив;
- (e) объемы различных отходов, подлежащих обращению;
- (f) социально-экономические последствия, включая вопросы, касающиеся признания общественностью;
- (g) образцовую инженерную практику.

4.3. Следует, чтобы шаги, сделанные в направлении принятия решения о том, как осуществлять обращение с отходами, образующимися на установках по добыче и переработке руд, включали:

- (a) определение критериев защиты здоровья человека и окружающей среды;
- (b) определение характеристик отходов;

- (с) идентификацию и определение характеристик вариантов площадки;
- (d) идентификацию и определение характеристик вариантов обращения с отходами, включая технический контроль;
- (e) идентификацию и описание вариантов институционального контроля;
- (f) идентификацию и описание возможных нарушений технического и институционального контроля;
- (g) определение и характеристика критической группы населения;
- (h) оценку радиологических и других последствий для каждой из рассматриваемых комбинаций вариантов (“анализ безопасности”), включая сценарии потенциального облучения для каждого варианта;
- (i) сравнение расчетных доз и рисков с установленными ограничениями;
- (j) оптимизацию защиты таким образом, чтобы достичь наиболее предпочтительного варианта обращения с отходами.

4.4. Критерии оценки и процедуры, используемые для отбора предпочтительных вариантов и для разработки стратегии обращения с отходами, которые позволят добиться оптимального баланса вышеизложенных соображений, следует четко определить и представить различным заинтересованным сторонам проекта, включая население.

4.5. Проектирование установок по добыче и переработке руд повлияет на на оптимизацию защиты от облучения, причиной которого являются радиоактивные отходы, и поэтому его следует рассматривать с учетом вопросов обращения с радиоактивными отходами. Деятельность по добыче и переработке руд следует планировать таким образом, чтобы снизить, насколько это практически возможно, количество отходов. Это может быть достигнуто посредством выбора соответствующих методов добычи и процессов переработки, а также повторного использования и рециклирования оборудования, материалов и отходов.

4.6. Закрытие установок по обращению с отходами следует рассматривать на всех стадиях операций по добыче и переработке руд, т.е. во время выбора площадки, проектирования, сооружения и эксплуатации. Планирование обращения с отходами, образующимися в результате добычи и переработки руд, не следует откладывать до стадии закрытия предприятия. Например, принятие мер на ранней стадии по снижению миграции переносимых водой и воздушным путем загрязнений в окружающую среду облегчит процесс обращения с отходами на стадии закрытия.

4.7. Проектирование, сооружение, эксплуатацию и закрытие установок по обращению с отходами, образующимися при добыче и переработке руд, следует

проводить в соответствии с элементами программы по обеспечению качества как указано в разделе 7. В частности, установки следует сооружать, эксплуатировать и закрывать только в соответствии с утвержденными планами и инструкциями.

4.8. В пунктах 4.9-4.27 изложены важные характеристики и желательные особенности вариантов, которые следует рассмотреть при выборе площадки и при обращении с отходами, образующимися при добыче и переработке руд, а также соображения при проектировании, сооружении, эксплуатации и закрытии установок и процедуры освобождения материалов из-под контроля.

ВАРИАНТЫ ОБРАЩЕНИЯ С ОТХОДАМИ

Хвосты

4.9. Среди различных потоков отходов, образующихся в ходе операций по добыче и переработке руд, хвосты представляют собой наибольшую проблему, особенно в отношении долговременного обращения, из-за их больших объемов и состава, поскольку они содержат долгоживущие радионуклиды и тяжелые металлы. Предпочтительный вариант обращения для достижения целей защиты будет зависеть от специфических условий на площадке, характеристик рудного тела, специфики процесса добычи и переработки, а также характеристик хвостов.

4.10. В целях обеспечения соответствия принципам обращения с радиоактивными отходами [3] поступление в окружающую среду и распространение вредных загрязняющих веществ из хвостов следует ограничивать на длительные периоды в будущем. Ключевые вопросы, которые следует рассмотреть при проектировании установок по обращению с хвостами, включают:

- (a) устойчивость карьеров, подземных горных выработок или поверхностных водоемов в отношении природных процессов, таких, как землетрясения, наводнения и эрозия;
- (b) гидрологические, гидрогеологические и геохимические характеристики площадки;
- (c) химические и физические характеристики хвостов в связи с потенциальным образованием и миграцией загрязняющих веществ;
- (d) количество материала, которое будет храниться на площадке в качестве отходов;

- (е) использование нейтрализующих веществ, радиевых осаждающих добавок, искусственных и естественных вкладок, радоновых барьеров и контуров выпаривания с учетом надежности и длительности действия данных веществ.

4.11. Подробное исследование данных вопросов следует провести на ранней стадии при рассмотрении вариантов обращения с хвостами. С деталями применения соответствующих технологий можно ознакомиться в других публикациях МАГАТЭ [18, 19].

4.12. Следует, чтобы проект установки по обращению с хвостами включал системы дренажа для укрепления хвостов перед закрытием и для снижения избыточного давления поровой воды. В случае если речь идет о поверхностном резервуаре или о каком-либо котловане, это может быть достигнуто установкой дренажной системы до или во время размещения хвостов или путем использования дренажных труб, вводимых в хвосты после их размещения. Следует, чтобы основание и перекрытие котлована были сделаны из материала низкой проницаемости; при возможности лучше использовать материал природного происхождения. Добавление стабилизирующих веществ (например, цемента) в хвосты непосредственно перед их размещением на хранение приводит к значительному снижению проницаемости хвостовых масс, таким образом замедляя продвижение загрязняющих веществ и связывая поровую воду. Однако в некоторых случаях вода низкого качества, находящаяся в котловане, может обладать прекрасными характеристиками в качестве радонового барьера, в значительной степени устраняя тем самым необходимость обезвоживания. Выбор решения о применяемом подходе следует оптимизировать, с тем чтобы обеспечивалось соответствие характеристик барьеров условиям площадки. В случае захоронения хвостов в подземные шахты повышение целостности горного массива за счет использования бетона и хвостовой массы может позволить продолжить добычу в близлежащих горных выработках сразу же после размещения хвостов. Перед принятием этой стратегии следует внимательно исследовать возможное химическое взаимодействие между стабилизирующим веществом, хвостами и вмещающей породой, с тем чтобы обеспечить, что перемещение загрязняющих веществ из хвостовой массы не будет увеличиваться в какой-либо период времени в будущем.

4.13. В дополнение к захоронению хвостов в вышеупомянутых поверхностных резервуарах, открытых котлованах и подземных горных выработках существуют другие варианты обращения с отходами, такие, например, как размещение хвостов в озерах. Однако некоторые из этих вариантов могут быть

неприемлемы для регулирующих организаций или для населения и потребуют дальнейшего изучения и оценки.

4.14. Принцип “не налагать чрезмерного бремени на будущие поколения” приводит к заключению, что пассивный подход к проекту по закрытию предпочтительнее проекта, требующего осуществления значительной и непрерывной технической поддержки. Такой пассивный подход обычно лучше всего реализуется при захоронении хвостов в котлованах, специально созданных для этой цели, в отработанных карьерах или в подземных горных выработках на геологически стабильных площадках. Подобный вариант может устранить или значительно снизить необходимость поверхностного захоронения хвостов. При захоронении под землей материал хвостов менее подвержен поверхностной эрозии и в меньшей степени поступает в окружающую среду, а само захоронение менее подвержено проникновению человека и потребует технического обслуживания в меньшем объеме, чем захоронение хвостов на поверхности. При закрытии входы в подземное захоронение герметизируются, т.е. оно изолируется от поверхности.

4.15. В случае подземного захоронения хвостов, при условии, что вероятность нарушения геологических формаций на территории площадки и проникновения человека ожидается достаточно низкой, никакого дальнейшего контроля может не потребоваться, кроме архивации подробностей размещения и характеристик отходов, а также, на какой-то ограниченный период времени, мониторинга площадки.

4.16. Пассивный подход к проектированию следует рассматривать в качестве наиболее реалистичного варианта при оптимизации радиологической защиты на новых установках по обращению с отходами. Например, при захоронении хвостовых масс в отработанных карьерах пассивные проекты могут быть частично или даже полностью реализованы и могут обеспечивать основу для оптимальной стратегии.

4.17. Может случиться так, что подземное захоронение хвостов на какой-либо площадке не будет реализовано или из-за специфических проблем площадки, для которых нет соответствующих технических решений, или из-за чрезмерно высокой стоимости. В таких случаях единственным вариантом может быть использование специально сооруженных поверхностных хранилищ, и его следует рассматривать.

4.18. Для некоторых специфических проблем площадок, связанных с подземным захоронением хвостов, могут быть определены практические технические

решения. Например, если водопроницаемость хвостовой массы больше, чем водопроницаемость вмещающей породы, то в качестве средства отвода подземной воды от хвостов следует рассматривать применение высокопроницаемого барьера вокруг хвостов. В случае наличия небольшого пространственно ограниченного водоносного пласта, пересекающего котлован или стену подземной выработки, следует рассмотреть вариант локализирующей цементации.

4.19. Желаемая пассивность при закрытии захоронения отходов, планируемых для размещения в котловане, может быть достигнута, если отходы либо засыпают в котлован и покрывают сверху природными материалами, либо создают над хвостами постоянный бассейн с водой. Следует, чтобы последний вариант включал применение покрытий с малой водопроницаемостью для уменьшения контакта отходов с водой бассейна. Следует провести полное исследование приповерхностных условий для достижения достаточного понимания вопроса, с тем чтобы можно было ручаться, что гидравлическое давление над котлованом с отходами не будет создавать проблем загрязнения подземных вод в будущем.

4.20. Что касается вариантов, включающих в себя обращение с хвостами в наземных хранилищах, заполненных водой, то хвосты следует помещать в сооружения, выполненные из материалов с низкой водопроницаемостью для снижения утечки. Вариант закрытия наземного захоронения обычно требует проведения институционального контроля в большем объеме, чем при варианте подземного захоронения. Во время эксплуатации, закрытия и в период после закрытия следует осуществлять программы мониторинга и технической поддержки. Этот подход предполагает более низкую первоначальную стоимость, но более высокие последующие расходы.

4.21. От варианта по перемещению хвостов на более благоприятную площадку для закрытия обычно не следует ожидать обеспечения оптимальной стратегии по обращению ввиду больших объемов отходов от добычи и переработки руд, которые должны быть перемещены. Однако если все же перемещение отходов рассматривается, то следует уделить внимание фактору оптимизации значительного радиологического и нерадиологического воздействия, которое может быть вызвано самим перемещением, включая проблемы транспортировки больших объемов отходов.

4.22. Могут применяться другие стратегии захоронения хвостов переработки, использующие различные подходы к оценке риска, и эти стратегии следует оценивать на основе последовательного рассмотрения каждого варианта. Например, небольшие количества хвостов переработки могут считаться

приемлемыми для захоронения на установках, спроектированных для низкоактивных радиоактивных отходов, при условии, что будут соблюдены критерии приемлемости отходов на установке.

Другие виды отходов

4.23. Другие твердые и жидкие отходы, которые образуются при добыче и переработке руд, помимо отвалов и хвостов, и требуют обращения на протяжении всего жизненного цикла установок по добыче и переработке руд, включают шлам, загрязненные материалы, пустую породу, породу с низкими концентрациями руды, технологическую воду, растворы выщелачивания, инфильтраты и поверхностные стоки. Из этих других видов отходов пустая порода и порода с низкими концентрациями руды обычно создают наибольшие сложности при обращении с ними. Обращение со шламом и загрязненными материалами следует осуществлять в соответствии с требованиями и рекомендациями, изложенными в других нормах безопасности МАГАТЭ [10, 20]. Следует обеспечивать, чтобы все материалы, размещенные на установках для захоронения хвостовых отходов, соответствовали требованиям по закрытию.

4.24. В то время как радиологические опасности, связанные с пустой породой и породами с низкими концентрациями руд, обычно намного менее значимы, чем опасности, связанные с хвостами, нерадиологические опасности сохраняются, и их следует расценивать как наиболее важные вопросы для рассмотрения при выборе и оптимизации вариантов обращения. Существует много возможных вариантов обращения с пустой породой и породой с низкими концентрациями руд. Какой вариант является наиболее оптимальным, будет зависеть от минералогии, радиационной и химической активности этих отходов.

4.25. Варианты обращения с пустой породой и породой с низкими концентрациями руд включают в себя их использование для засыпки в открытых карьерах и подземных горных выработках, а также для строительства на площадке добычи. Следует принимать во внимание необходимость покрытия пород с низкими концентрациями руд инертными породами.

4.26. Как и в случае хвостов, следует рассмотреть вопрос о том, в какой степени различные варианты помогут обеспечить, если обращение осуществляется на поверхности, стабильность и устойчивость к процессам эрозии и инфильтрации атмосферных осадков, отвалов пустых пород и пород с низкими концентрациями руд, а также то, что эти процессы не приведут к неприемлемым воздействиям на окружающую среду водосборных площадей.

4.27. Жидкие отходы представлены следующими основными видами: технологическая вода, растворы выщелачивания, поверхностный сток, формирующийся в результате стекания атмосферных осадков с технологической зоны предприятия, зоны обращения с отходами и складированной руды; вода, инфильтрующаяся через хвосты переработки, складированную руду и отвалы пустой породы; шахтная вода (например, подземная вода, которая поступает в открытые карьеры или подземные горные выработки). Обращение со всеми жидкими отходами следует осуществлять скорее на основе их количества и качества, чем на основе их происхождения, принимая во внимание их воздействие на окружающую среду и здоровье людей. Систему обращения с водой следует проектировать таким образом, чтобы минимизировать объем загрязненной воды. Это может быть достигнуто, например, отводом чистой воды от источников загрязнения, повторным использованием воды в технологическом цикле и использованием загрязненной воды для пылеподавления.

5. ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ НА РАЗЛИЧНЫХ ЭТАПАХ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ

ВЫБОР ПЛОЩАДКИ

5.1. Установка по обращению с хвостами переработки обычно расположена вблизи предприятия по переработке, которое может находиться на достаточном удалении от места добычи руды. Однако вполне возможно, в особенности для нового предприятия по добыче руды, разработка которой еще не начата, выбрать оптимальный вариант площадки для установки по обращению с отходами, учитывая вопросы защиты здоровья человека и окружающей среды, а также решение экономических вопросов. При выборе площадки и проектировании установок по обращению с отходами следует предусматривать эффективный сбор и локализацию отходов, а также предотвращать переключение отходов за пределы площадки любым способом, кроме разрешенных выбросов/сбросов или санкционированного снятия регулирующего контроля.

5.2. Первоначальную оценку характеристик площадки следует проводить таким образом, чтобы определить любые ограничения, исходя из радиологических факторов и факторов окружающей среды, для каждого из предложенных месторасположений, а также для того, чтобы осуществить выбор небольшого числа мест расположения площадки и возможных предварительных проектных концепций, для которых затем может быть проведена подробная оценка

различных воздействий. Следует оценить заключительный оптимальный вариант выбора площадки, полученный с использованием концептуального проектирования для обращения с отходами, а результирующую оценку безопасности, которая может представлять собой часть оценки воздействия на окружающую среду, следует направить на рассмотрение в регулирующий орган.

5.3. Важные факторы в процессе оптимизации, которые следует принимать во внимание при выборе площадки для установок по обращению с отходами, в частности в связи с уменьшением необходимости проведения длительного институционального контроля после закрытия, включают:

- (a) климатологию и метеорологию;
- (b) географию, геоморфологию, демографию и использование земель;
- (c) структурную геологию и сейсмологию;
- (d) геохимию;
- (e) минералогию;
- (f) гидрологию поверхностных и подземных вод;
- (g) флору и фауну;
- (h) вопросы археологии и культурного наследия;
- (i) уровни естественного радиационного фона;
- (j) вопросы признания общественностью.

5.4. Некоторые из этих характеристик, поскольку они имеют отношение к выбору площадки для установок по обращению с отходами и поскольку они оказывают влияние на безопасность, обсуждаются в [4].

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И СООРУЖЕНИЕ

5.5. К разработке детального технического проекта установок по обращению с отходами можно приступать после того, как площадка и концептуальный проект будут утверждены регулирующим органом. На этом этапе следует провести дополнительную оценку безопасности, включая оптимизацию защиты. На рис. 1 показан пример процесса регулирования для новых установок по обращению с отходами, образующимися при добыче и переработке руд. Если в проект установок по обращению с отходами внесены существенные изменения на любой стадии, то следует провести дополнительную оценку безопасности, включая оптимизацию защиты.

5.6. Следует, чтобы подробный проект был в надлежащих случаях подкреплён исследованиями, проведенными в полевых и лабораторных условиях или на

опытной установке, а также оценками радиологических воздействий и воздействий на окружающую среду. Следует, чтобы проект включал план обращения с отходами, охватывающий обращение с хвостами и пустой породой, стоками, контроль за инфильтрационными водами и эксплуатационный мониторинг. Проектирование и сооружение установок по обращению с отходами следует выполнять в рамках программы по обеспечению качества, и следует, чтобы они включали процедуры по обеспечению контроля качества. Следует, насколько возможно, придерживаться образцовой практики добычи руд и соблюдать требования радиологической защиты, с тем чтобы проект установок по обращению с отходами:

- (a) максимально увеличивал использование природных материалов для локализации отходов;
- (b) в максимальной степени увеличивал возможность размещения отходов под землей или в некоторых случаях под водой;
- (c) минимизировал воздействие на окружающую среду при эксплуатации установки и после его закрытия;
- (d) минимизировал необходимость извлекать и перемещать отходы при закрытии;
- (e) минимизировал необходимость надзора и технического обслуживания при эксплуатации и при проведении институционального контроля после закрытия.

5.7. Еще во время проектирования установок следует подготовить предварительный план закрытия, в котором на концептуальном уровне определены и расставлены приоритеты вариантов их закрытия в соответствии с результатами оценки безопасности и оптимизации защиты. В нем также следует определить финансовое обеспечение, необходимое для предпочтительного варианта. Предварительный план закрытия следует направить на утверждение в регулирующий орган.

ЭКСПЛУАТАЦИЯ

5.8. Установки по обращению с отходами следует эксплуатировать в соответствии со стратегией обращения с отходами, оценкой безопасности, разрешением или лицензией и с планом по обращению с отходами. Следует, чтобы в этом плане были подробно описаны все аспекты обращения с отходами. Кроме того, следует, чтобы план соответствовал программе по обеспечению качества и поэтому предусматривал:

- (a) подробные и документально оформленные процедуры по эксплуатации, техническому обслуживанию, мониторингу, обеспечению качества и безопасности;
- (b) обучение персонала для выполнения этих процедур;
- (c) проведение соответствующего наблюдения и технического обслуживания всех структур, систем и компонентов установки по обращению с отходами, важных для безопасности;
- (d) систему контроля в санитарно-защитной зоне и зоне наблюдения и процедуры освобождения материалов, удаленных с площадки, из под регулирующего надзора;
- (e) своевременное направление в регулирующий орган отчетов о проведенных инспекциях, результатов мониторинга и отчетов о необычных событиях;
- (f) разработку и осуществление там, где это необходимо, планов работ в аварийных ситуациях на установках по обращению с отходами, которые могут приводить к значительному снижению защиты здоровья человека или окружающей среды.

5.9. В соответствии с результатами проведенной оценки безопасности во время эксплуатации следует принимать меры по ограничению выбросов и сбросов в окружающую среду загрязняющих веществ в жидком и газообразном состояниях [21]. Следует также принимать меры по обеспечению надлежащего контроля за твердыми отходами во избежание неправильного использования хвостов. Следует сводить до минимума выбросы радона или радиоактивной пыли в атмосферу, а также поступление радия и других радионуклидов в поверхностные и подземные воды в результате поверхностного стока или выщелачивания из твердых отходов.

ЗАКРЫТИЕ

5.10. Предварительные планы по закрытию следует периодически пересматривать в ходе эксплуатации установок по обращению с отходами с целью отражения в них значительных изменений в эксплуатации, технологических достижений и регулирующих требований. При необходимости следует усовершенствовать финансовые механизмы, гарантирующие обеспечение фондов для выполнения требований по закрытию и в период после закрытия. Регулирующему органу следует дать оценку откорректированным планам и усовершенствованным финансовым механизмам.

5.11. Если какая-либо часть установок по обращению с отходами больше не нужна, ее следует закрыть, насколько это практически возможно, при эксплуатации (например, закрытие отвалов пустых пород).

5.12. В сроки, согласованные с регулирующим органом, не менее чем за пять лет до ожидаемой даты закрытия, эксплуатирующей организации следует направить план закрытия в регулирующий орган для утверждения. Целью закрытия следует считать обеспечение таких условий для установок по обращению с отходами, которые позволят им сохранять непрерывное соответствие требованиям по защите здоровья человека и окружающей среды.

5.13. Следует, насколько это практически возможно, согласовывать план закрытия с графиком вывода из эксплуатации наземных сооружений и оборудования. Вывод из эксплуатации данных сооружений и оборудования рассмотрен в других нормах безопасности МАГАТЭ [1, 10]. Обращение с отходами, образовавшимися при выводе из эксплуатации, может сочетаться с закрытием установок по захоронению отходов, образовавшимися при эксплуатации, при условии, что не будут созданы такие проблемы, как, например, образование пустот в массе хвостов. Это осуществляется наиболее эффективно, если вывод из эксплуатации проводится ранее закрытия или в одно время с ним.

СНЯТИЕ РЕГУЛИРУЮЩЕГО КОНТРОЛЯ

5.14. Прежде чем будет открыт доступ населения к материалам, оборудованию, сооружениям или площадке в целях неограниченного или ограниченного использования, следует установить регулирующие критерии, такие, как критерии для:

- (a) освобождения материала, оборудования, сооружений, почвы и горных пород от регулирующего контроля;
- (b) санкционированного повторного использования или переработки оборудования, сооружений и материалов;
- (c) открытия доступа ко всей площадке для санкционированного использования (в зависимости от планов на будущее) в конце закрытия.

Каждый из этих наборов критериев следует устанавливать на основе реалистичных сценариев облучения.

5.15. Руководящие материалы по снятию регулирующего контроля и по уровням очистки можно найти в [17, 22, 23].

6. ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

6.1. Следует, чтобы оценка безопасности указывала, как необходимо проектировать установки по обращению с отходами для обеспечения оптимальной защиты персонала, населения и окружающей среды. Оценку безопасности следует проводить и обновлять по мере необходимости эксплуатирующей организации с целью обоснования заявок, представляемых в регулирующий орган для утверждения при сооружении, эксплуатации или реконструкции установок по обращению с отходами, образующимися при добыче и переработке руд. Оценку безопасности следует также подготавливать в надлежащее время для уже существующих установок, если она не проводилась ранее.

6.2. Следует, чтобы оценка безопасности охватывала этапы эксплуатации, закрытия и после закрытия установки. Следует, чтобы объем и глубина оценки безопасности соответствовали конкретным проблемам площадки, которые следует решать. Результаты первоначальной оценки безопасности следует учитывать при выборе площадки и при проектировании предприятий по добыче и переработке руд. В оценке следует рассмотреть все имеющие серьезную значимость сценарии и пути, по которым персонал, население и окружающая среда могут быть подвергнуты радиологическим и нерадиологическим опасностям. По мере возможности и в тех случаях, когда это обосновано значимостью потенциальных воздействий, следует, чтобы такая оценка носила количественный характер. Следует, чтобы объем и глубина оценки безопасности были достаточными для того, чтобы можно было определить и оценить все важные элементы риска для соответствующих периодов жизненного цикла установок. Следует, чтобы используемые модели и методы позволяли надлежащим образом сравнить влияние различных опасностей при разных вариантах обращения с отходами.

6.3. При оценке безопасности следует рассматривать все установки по обращению с отходами на площадке наряду с характеристиками процессов добычи и переработки руд и другими близлежащими предприятиями, которые могут оказать влияние на методы, применяющиеся для обращения с отходами. Следует оптимизировать безопасность системы обращения с отходами и безопасность системы добычи и переработки руд в целом. Оценка будет итеративной с проведением более тщательного анализа и корректировкой моделей и входной информации, так как процесс длится от разработки концепции до стадий проектирования, сооружения, эксплуатации и закрытия.

6.4. На всех этапах оценки безопасности существует необходимость трактовки неопределенностей, содержащихся во входной информации. Они являются следствием:

- (a) аппроксимаций, присущих моделированию сложных систем;
- (b) ограничений в понимании процессов, определяющих поведение площадки и системы обращения с отходами, а также неопределенностей соответствующих параметров;
- (c) неопределенностей соответствующих условий в будущем (например, демографических условий, эффективности институционального контроля, климатических условий) на протяжении долгосрочных периодов;
- (d) неопределенностей, касающихся вероятности и значительности внешних событий, таких, как землетрясения и наводнения, которые могут повлиять на целостность систем обращения с отходами.

6.5. Такие неопределенности следует подвергать развернутой оценке, с тем чтобы надежность заключения, сделанного на ее основе, была очевидной.

6.6. Некоторые из неопределенностей могут быть уменьшены, хотя и не устранены полностью, посредством улучшенного описания площадки, более тщательного моделирования или получения более точных сведений о площадке. Регулирующему органу следует решить, на какие источники неопределенностей следует обратить внимание при оценке безопасности, в частности, на те, которые необходимо будет учитывать при прогнозах на далекое будущее.

КРИТЕРИИ БЕЗОПАСНОСТИ

6.7. В соответствии с рекомендациями, приведенными в разделе 3, следует определить критерии радиологической защиты персонала и населения от выбросов в течение эксплуатации, а также от выбросов, которые могут произойти после закрытия. Следует также определить критерии по защите окружающей среды от радиологических и нерадиологических вредных воздействий. Соответствующему регулируемому органу следует определить все указанные критерии перед проведением оценки предлагаемой системы по обращению с отходами.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ОТХОДОВ

6.8. Отходы, которые будут образовываться в результате операций по добыче и переработке руд, следует должным образом определить на основе эксплуатационного процесса и характеристик площадки. Вопросы, требующие рассмотрения, включают в себя тип отходов, их ожидаемый объем, химический и минеральный состав отходов. Дальнейшие рекомендации, руководящие материалы и соображения при определении характеристик отходов представлены в [18, 24].

ИДЕНТИФИКАЦИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ВАРИАНТОВ ПЛОЩАДКИ

6.9. Потенциальные площадки для размещения отходов, образующихся при добыче и переработке руд, следует выбирать на основе соображений, изложенных в разделе 4. Характеристики потенциальных площадок определяют образование загрязняющих веществ и их вынос за пределы площадок. Эти характеристики следует определить, и следует указать соответствующие модели источников выбросов и миграции загрязняющих веществ и связанные с ними параметры.

6.10. Базовые данные о состоянии окружающей среды следует собрать до начала эксплуатации установки по обращению с отходами. Эти данные следует соответствующим образом использовать для калибровки и обоснования моделей и для установления контрольных уровней для проведения мониторинга и осуществления надзорной деятельности на протяжении всех этапов жизненного цикла установки по обращению с отходами. Следует также определить средние значения и диапазоны фоновых содержаний радиоактивных и нерадиоактивных загрязняющих веществ непосредственно на площадках и вокруг предполагаемого расположения установок по обращению с отходами.

6.11. Если установки уже находятся в эксплуатации, то характеристики площадки и окружающей среды следует определить как можно быстрее. Следует, чтобы основные характеристики, которые требуют оценки, соответствовали тем, которые использовались при базовом обследовании.

ИДЕНТИФИКАЦИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ВАРИАНТОВ ОБРАЩЕНИЯ С ОТХОДАМИ, ВКЛЮЧАЯ ПРОВЕДЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ

6.12. Потенциальные варианты обращения с отходами следует определить в соответствии с соображениями, изложенными в разделе 5. При первичном анализе следует использовать широкий спектр вариантов. Следует смоделировать поведение различных вариантов обращения с отходами с использованием соответствующих моделей и значений параметров.

ИДЕНТИФИКАЦИЯ И ОПИСАНИЕ ВАРИАНТОВ ИНСТИТУЦИОНАЛЬНОГО КОНТРОЛЯ

6.13. Эксплуатирующей организации следует определить, какие варианты институционального контроля могут быть наиболее подходящими после закрытия установки по обращению с отходами, и описать их ключевые характеристики, включая период после закрытия, в течение которого предполагается, что эффективность этих вариантов будет сохранена. Эти варианты контроля следует предложить регулирующему органу, и их следует рассмотреть в качестве части плана по закрытию установки. Руководящие материалы изложены в разделе 3.

ИДЕНТИФИКАЦИЯ И ОПИСАНИЕ ВОЗМОЖНЫХ НАРУШЕНИЙ ИНСТИТУЦИОНАЛЬНОГО И ТЕХНИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ

6.14. С целью оценки потенциального облучения следует рассмотреть возможные будущие события, которые могут привести к возрастанию риска облучения. Подобные события, которые включают в себя возможные нарушения институционального и технического контроля, делятся на следующие категории:

- (а) деятельность человека (например, проникновение в захоронение, использование для сельского хозяйства или строительства площадей, где ранее осуществлялось обращение с отходами, несанкционированный захват и использование радиоактивных отходов);
- (б) природные процессы и явления, которые могут повлиять на целостность защитных структур (например, эрозия, наводнения, землетрясения);
- (с) внутренние процессы (например, образование кислот, выветривание, нарушение защитных покрытий склонов, неравномерная осадка).

6.15. Как указано в разделе 3, можно предположить, что институциональный контроль на определенный период времени предотвратит проникновение человека и неправильное использование земель. Следует, чтобы эксплуатирующая организация рекомендовала установление такого периода в качестве части общего плана по закрытию с последующим утверждением регулирующим органом. Период, на протяжении которого технический контроль, как предполагается, остается эффективным, следует обосновать технической оценкой, в которой учитываются такие факторы, как эрозия, сейсмология, гидрология, гидрогеология, образование кислот и другие физические и химические процессы, которые могут воздействовать на целостность инженерных барьеров или на вынос радионуклидов из отходов в окружающую среду. Следует разработать соответствующие модели, описывающие эти нарушения, для включения их в анализ безопасности.

АНАЛИЗ БЕЗОПАСНОСТИ

6.16. Анализ безопасности является частью общей оценки безопасности. Анализ безопасности следует проводить с целью оценки профессионального облучения, облучения населения и воздействий на окружающую среду. В случае облучения населения в анализ безопасности следует включить количественный расчет того, насколько облучение от отходов будет превышать облучение от естественного радиационного фона. Подобные анализы следует проводить вновь и вновь по мере уточнения вариантов выбора площадки, методов обращения с отходами и способов выполнения институционального и технического контроля. В анализ безопасности следует включить по мере необходимости:

- (a) рассмотрение всех соответствующих радионуклидов, химических и физических процессов, путей и сценариев облучения в целях обеспечения основы для сравнения с установленными пределами доз и рисков, а также с критериями защиты окружающей среды;
- (b) рассмотрение событий, включая оценку их вероятности, которые могут привести к выносу радионуклидов или других загрязняющих веществ, или могут повлиять на скорость выноса радионуклидов или на скорость их миграции в окружающей среде;
- (c) оценку доз облучения, которые может получить персонал во время эксплуатации;
- (d) оценку доз облучения, полученных различными путями, и риска для населения, в особенности, для критической группы, а также оценку

воздействия на окружающую среду во время эксплуатации и после закрытия;

- (е) анализ неопределенностей и чувствительности, при необходимости, с целью определения потенциальных причин возникновения наибольших рисков.

6.17. В случае облучения, полученного во время эксплуатации и после закрытия, обычно достаточно рассмотреть сценарии и сформулировать допущения, основанные на образе жизни и жизненных условиях людей, проживающих в непосредственной близости от установок по обращению с отходами.

СРАВНЕНИЕ ОЦЕНЕННЫХ ДОЗ И РИСКОВ С ОГРАНИЧЕНИЯМИ

6.18. Для каждой площадки будет иметься один или несколько вариантов обращения с отходами. Каждый из вариантов обращения с отходами имеет определенный спектр институционального и технического контроля. Для каждого вида подобного контроля существуют соответствующие режимы нарушения с конкретными последствиями. Дозы (и, при необходимости, риски) для каждой комбинации, обсуждаемой выше, следует сравнивать с соответствующими ограничениями на этапах эксплуатации и после закрытия, как указано в разделе 3. Комбинации вариантов, при которых превышаются установленные ограничения, следует отклонять. Другие комбинации вариантов следует рассматривать в анализе оптимизации (см. рис. 2 в качестве иллюстрации данного процесса).

6.19. В случае существующих установок по обращению с отходами одно или более ограничений могут быть превышены для каждой рассматриваемой практически возможной комбинации вариантов. При определении предпочтительного варианта во время проведения оптимизационного анализа следует принимать во внимание возможность несоблюдения в нем одного или нескольких ограничений. В разделе 3 содержатся руководящие материалы для подобных случаев.

ОПТИМИЗАЦИЯ ЗАЩИТЫ

6.20. Защита оптимизируется в тех случаях, когда любые дополнительные меры дозового контроля не дают гарантии по снижению доз. Для защиты населения следует на этой основе рассмотреть комбинации вариантов

обращения с отходами, обеспечивающие соответствие с установленными ограничениями доз и рисков, как обсуждено выше.

6.21. Существует несколько методов в помощь при принятии решений, которые могут быть использованы (они перечислены в пунктах 6.22-6.24). Следует, чтобы выбранный метод соответствовал сложности конкретного решаемого вопроса и числу факторов, которые регулирующий орган предлагает принять во внимание.

6.22. Если единственным учитываемым фактором являются затраты, связанные с различными вариантами, то может быть использован количественный анализ затрат и результатов. В этом случае следует рассмотреть:

- (а) период времени, в течение которого должны быть интегрированы дозы облучения и другие воздействия (принимается во внимание период, во время которого возможны достоверные прогнозы);
- (б) граничные точки областей, в которых рассматриваются воздействия;
- (с) денежный эквивалент снижения рисков для человека и ущерба для окружающей среды (для радиологического риска, денежный эквивалент предотвращения получения единицы коллективной дозы).

6.23. Коллективная доза не всегда является существенным фактором или признаком при оценке вариантов захоронения. В таких случаях решение принимается, исходя из критических факторов или признаков. Для этих более сложных анализов следует применять различные методы в помощь при принятии решений. К примерам относятся анализ многомерной функции полезности и многокритериальный сравнительный анализ. Подобные соображения следует применять при оптимизации защиты персонала [25].

6.24. Результаты оценки безопасности и выводы по последующему процессу оптимизации следует проверить на предмет их устойчивости по отношению к имеющимся неопределенностям. В [26-28] можно найти руководящие материалы по проведению анализа неопределенностей и чувствительности.

7. ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА

7.1. Требуется, чтобы на этапах проектирования, сооружения, эксплуатации и закрытия установок по обращению с отходами выполнялась программа обеспечения качества, для того чтобы обеспечить поддержание защиты от радиологических и нерадиологических воздействий во время их эксплуатации, а также для поддержания защитных функций после закрытия установок ([2], [10] пункт 7.6, [29]).

7.2. Следует, чтобы программа обеспечения качества, как минимум, включала следующее:

- (a) следует, чтобы были определены и понятны организационные обязанности;
- (b) при проектировании и сооружении следует использовать обоснованные технологии, соответствующие национальным нормам и стандартам;
- (c) следует проводить регулярные проверки проекта, его выполнения и эксплуатации установок по обращению с отходами, с тем чтобы убедиться, что они спроектированы, сооружены и эксплуатируются должным образом и что все недостатки могут быть устранены;
- (d) следует, чтобы модели и программы, используемые при оценке безопасности, были насколько возможно обоснованы и верифицированы;
- (e) следует организовать процесс осуществления обратной связи, а результаты оценок безопасности следует надлежащим образом учитывать при проектировании. Следует также установить тесное взаимодействие между всеми участниками, привлеченными к разработке проектов установок по обращению с отходами, с целью выработки оптимального решения;
- (f) следует, чтобы все лица, вовлеченные в процесс проектирования, сооружения, ввода в эксплуатацию, эксплуатации и закрытия установок по обращению с отходами, а также лица, чья деятельность может оказать влияние на безопасность, прошли соответствующую подготовку должного уровня, включая проверку знаний;
- (g) следует создать систему ведения учета и обработки документов для сохранения соответствующих деталей сооружения и эксплуатации, включая данные мониторинга, а также для контроля изменений во время эксплуатации;
- (h) следует периодически проводить оценку эффективности защиты при осуществлении обращения с отходами.

7.3. Следует также, чтобы организация (организации), несущая(ие) ответственность в целом за эксплуатацию, за деятельность после эксплуатации, за закрытие установок, а также за проведение институционального контроля, несли(и) ответственность за разработку и выполнение любой программы обеспечения качества.

8. МОНИТОРИНГ И НАБЛЮДЕНИЕ

8.1. Программу мониторинга и наблюдения следует разрабатывать задолго до применения ее на практике, и, при условии утверждения регулирующим органом, следует, чтобы эксплуатирующая организация осуществляла ее на всех этапах жизненного цикла установок по обращению с отходами. Записи результатов осуществления программы следует сохранять в такой форме, которую можно было быстро бы использовать при ответах на запросы [5,19,25]. Этой программой следует управлять в соответствии с элементами программы по обеспечению качества, как изложено в разделе 7. Программу мониторинга и наблюдения следует периодически пересматривать, и в ее рамках следует контролировать внесение любых значимых изменений в операции по обращению с отходами, а также в нормативные требования.

8.2. Следует, чтобы цели программы мониторинга и наблюдения включали:

- (a) установление базовых или существующих условий;
- (b) предоставление конкретной информации по площадке для проведения оценки безопасности предлагаемых проектов;
- (c) проверку соответствия нормам и правилам, выданным лицензиям и инструкциям;
- (d) предоставление данных, на основании которых оцениваются дозы облучения для персонала и населения, которые могут быть получены от установок по обращению с отходами;
- (e) проверку эффективности технических проектов;
- (f) калибровку и обоснование моделей, а также верификация их прогнозов;
- (g) получение данных для возможных пересмотров выданных лицензий;
- (h) установление условий, которые дадут начало для нестандартных исследований и/или для проведения инспекций и подготовки к действиям в данных условиях;
- (i) определение воздействий на окружающую среду;

- (j) проверку физического состояния и целостности установок по обращению с отходами.

8.3. Следует, чтобы программа мониторинга и наблюдения для определенной установки по обращению с отходами основывалась на оценке безопасности, причем следует также уделять внимание специфическим факторам площадки (например, климатическим условиям, размещению площадки, геологическим условиям, проекту установки, состоянию окружающей среды за пределами площадки и распределению населения).

8.4. Радионуклиды, которые будут содержаться в выбросах с установки, присутствуют в естественной окружающей среде (в фоновых содержаниях). Следует определять дозы облучения от каждого из этих двух источников (от радионуклидов установки и облучение от естественного фона) для вынесения суждения, соответствуют ли выбросы радионуклидов, связанные с деятельностью на установке, установленным критериям.

8.5. В программе мониторинга и наблюдения следует оговорить параметры, которые подлежат мониторингу, вопросы размещения и частоты отбора проб, а также регистрации данных и процедуры отчетности и проведения анализа. В программе следует также установить уровни исследования и/или уровни вмешательства для определенных ключевых параметров, с тем чтобы в тех случаях, когда при проведении мониторинга будут определены значительные отклонения от ожидаемой или приемлемой ситуации, могли предприниматься соответствующие и своевременные действия. Следует, чтобы подобная программа мониторинга включала измерение:

- (a) показателей воздействия на окружающую среду, таких, как содержание радионуклидов и нерадиологических загрязняющих веществ, в воздухе, воде и почве;
- (b) физической целостности структур и систем для локализации отходов;
- (c) параметров, которые могут помочь при интерпретации данных, таких, как метеорологические данные, данные по процессу эксплуатации и данные по потоку отходов.

8.6. Программа мониторинга радиационной защиты персонала на этапе эксплуатации установок по обращению с отходами обычно является частью общей программы мониторинга радиационной защиты персонала во время добычи и переработки руд. Специальная программа мониторинга радиационной защиты персонала может потребоваться на этапах закрытия и после закрытия установок по обращению с отходами.

8.7. В регулирующий орган следует периодически представлять в форме, оговоренной регулирующим органом, результаты, полученные при проведении утвержденной программы мониторинга и наблюдения. Регулирующему органу следует разработать и выполнять свою собственную программу мониторинга с целью проверки достоверности отчетов по мониторингу, представленных эксплуатирующей организацией.

8.8. Следует, чтобы в течение нескольких лет после закрытия установок по обращению с отходами от эксплуатирующей организации обычно требовалась демонстрация того, что установки работают так, как предусмотрено проектом. Для подобной демонстрации после закрытия установки следует осуществлять соответствующую программу мониторинга и наблюдения. Детали, касающиеся содержания и проведения в период после закрытия программ надзора и мониторинга наземных объектов перечислены в [19,30].

8.9. Базовые данные, собранные до сооружения установок по обращению с отходами, следует использовать в качестве контрольных данных, с которыми можно будет сравнить результаты мониторинга в период после закрытия. Это будет особенно важно, если регулирующим органом оговорены требования по закрытию на основе диапазона изменений, разрешенных в параметрах, вместо установления абсолютных пределов.

8.10. Перед прекращением ответственности эксплуатирующей организации за закрытые установки по обращению с отходами ей следует предоставить регулирующему органу результаты заключительного радиологического обследования и осмотра окружающей среды, а также окончательный отчет о закрытии для документирования соответствия регулирующим требованиям по обращению с отходами.

9. ИНСТИТУЦИОНАЛЬНЫЙ КОНТРОЛЬ НА ЭТАПЕ ПОСЛЕ ЗАКРЫТИЯ

9.1. Институциональный контроль состоит из таких действий, механизмов и мероприятий, которые осуществляются для сохранения контроля или знаний о площадке по обращению с отходами после ее закрытия, как того требует регулирующий орган. Такой контроль может быть активным (например, осуществляемый средствами мониторинга, наблюдения, проведением работ по

реабилитации, установкой ограждений) или пассивным (например, контроль использования земли, применение предупреждающих знаков, записей).

9.2. Следует, чтобы установление требований по проведению институционального контроля являлось частью оптимизации проекта по закрытию установки. В проекте следует минимизировать необходимость и зависимость от институционального контроля.

9.3. Следует, чтобы программа институционального контроля рассматривалась регулирующим органом в целях проверки ее эффективности. Следует, чтобы проект программы основывался на оценке безопасности, в которой следует учитывать воздействие на здоровье человека и окружающую среду в течение определенного периода в будущем. Эксплуатирующей организации следует установить период, в течение которого институциональный контроль предположительно останется эффективным, и следует, чтобы регулирующий орган одобрил это. В оценке безопасности следует рассмотреть сценарии, предполагающие проникновение человека, нарушение инженерных сооружений, а также события в окружающей среде, как изложено в разделе 3.

9.4. В качестве части программы проведения институционального контроля все соответствующие записи по размещению и характеристикам закрытых установок по обращению с отходами, ограничения по использованию земель и требований к текущему мониторингу и/или наблюдениям следует сохранять в соответствии с требованиями действующего законодательства. Следует подготовить для регулирующего органа правовые нормы с целью удаления или модификации элементов программы институционального контроля, если это окажется приемлемым в свете результатов мониторинга и наблюдения. Информацию о площадке, требуемом институциональном контроле, об основных причинах или необходимости проведения подобного контроля следует документировать и обеспечивать ее доступность общественности.

СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

- [1] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Decommissioning of Nuclear Fuel Cycle Facilities, Safety Standards Series No. WS-G-2.4, IAEA, Vienna (2001).
- [2] ПРОДОВОЛЬСТВЕННАЯ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ОБЪЕДИНЕННЫХ НАЦИЙ, МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, МЕЖДУНАРОДНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ТРУДА, АГЕНТСТВО ПО ЯДЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ОЭСР, ПАНАМЕРИКАНСКАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ, ВСЕМИРНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ, Международные основные нормы безопасности для защиты от ионизирующих излучений и безопасного обращения с источниками излучения, Серия изданий по безопасности № 115, МАГАТЭ, Вена (1997).
- [3] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Принципы обращения с радиоактивными отходами, Серия изданий по безопасности № 111-F, МАГАТЭ, Вена (1996).
- [4] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Приповерхностное захоронение радиоактивных отходов, Серия норм безопасности № WS-R-1, МАГАТЭ, Вена (2003).
- [5] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, INTERNATIONAL LABOUR ORGANISATION, WORLD HEALTH ORGANIZATION, Radiation Monitoring in the Mining and Milling of Radioactive Ores, Safety Series No. 95, IAEA, Vienna (1989).
- [6] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Application of the Dose Limitation System to the Mining and Milling of Radioactive Ores, Safety Series No. 82, IAEA, Vienna (1987).
- [7] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, The Application of the Principles for Limiting Releases of Radioactive Effluents in the Case of the Mining and Milling of Radioactive Ores, Safety Series No. 90, IAEA, Vienna (1989).
- [8] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material, 1996 Edition (Revised), Safety Standards Series No. TS-R-1 (ST-1, Rev.), IAEA, Vienna (2000).
- [9] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Юридическая и государственная инфраструктура ядерной безопасности, радиационной безопасности, безопасности радиоактивных отходов и безопасности перевозки, Серия норм безопасности № GS-R-1, МАГАТЭ, Вена (2003).
- [10] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Обращение с радиоактивными отходами перед их захоронением, включая снятие с эксплуатации, Серия норм безопасности № WS-R-2, МАГАТЭ, Вена (2003).
- [11] INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION, 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, Publication 60, Pergamon Press, Oxford and New York (1991).
- [12] INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION, Radiological Protection Policy for the Disposal of Radioactive Waste, Publication 77, Elsevier Science, Oxford (1998).

- [13] INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION, Radiological Protection Recommendations as Applied to the Disposal of Long-lived Solid Radioactive Waste, Publication 81, Elsevier Science, Oxford (1998).
- [14] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, МЕЖДУНАРОДНОЕ БЮРО ТРУДА, Радиационная защита при профессиональном облучении, Серия норм безопасности № RS-G-1.1, МАГАТЭ, Вена (1999).
- [15] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, МЕЖДУНАРОДНОЕ БЮРО ТРУДА, Оценка профессионального облучения вследствие поступления радионуклидов, Серия норм безопасности № RS-G-1.2, МАГАТЭ, Вена (1999).
- [16] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, МЕЖДУНАРОДНОЕ БЮРО ТРУДА, Оценка профессионального облучения от внешних источников ионизирующего излучения, Серия норм безопасности № RS-G-1.3, МАГАТЭ, Вена (1999).
- [17] INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION, Protection of the Public in Situations of Prolonged Radiation Exposure, Publication 82, Elsevier Science, Oxford (2000).
- [18] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Current Practices for the Management and Confinement of Uranium Mill Tailings, Technical Reports Series No. 335, IAEA, Vienna (1992).
- [19] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Decommissioning of Facilities for Mining and Milling of Radioactive Ores and Closeout of Residues, Technical Reports Series No. 362, IAEA, Vienna (1994).
- [20] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Predisposal Management of Low and Intermediate Level Radioactive Waste, Safety Standards Series No. WS-G-2.5, IAEA, Vienna (2002).
- [21] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Regulatory Control of Radioactive Discharges to the Environment, Safety Standards Series No. WS-G-2.3, IAEA, Vienna (2000).
- [22] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Application of Radiation Protection Principles to the Cleanup of Contaminated Areas, IAEA-TECDOC-987, Vienna (1997).
- [23] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Application of Exemption Principles to the Recycle and Reuse of Materials from Nuclear Facilities, Safety Series No. 111-P-1.1, IAEA, Vienna (1992).
- [24] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Classification of Radioactive Waste, Safety Series No. 111-G-1.1, IAEA, Vienna (1994).
- [25] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Оптимизация радиационной защиты при контроле облучения персонала, Серия докладов по безопасности № 21, МАГАТЭ, Вена (2003).
- [26] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Safety Assessment for the Underground Disposal of Radioactive Wastes, Safety Series No. 56, IAEA, Vienna (1981).

- [27] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Performance Assessment for Underground Radioactive Waste Disposal Systems, Safety Series No. 68, IAEA, Vienna (1985).
- [28] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Evaluating the Reliability of Predictions Made Using Environmental Transfer Models, Safety Series No. 100, IAEA, Vienna (1989).
- [29] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Обеспечение качества для безопасности атомных электростанций и других ядерных установок, Серия изданий по безопасности № 50-C/SG-Q, МАГАТЭ, Вена (1998).
- [30] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Monitoring and Surveillance of Residues from the Mining and Milling of Uranium and Thorium, Safety Reports Series, IAEA, Vienna (in preparation).

СОСТАВИТЕЛИ И РЕЦЕНЗЕНТЫ

Ahlquist, A.	Министерство энергетики, Соединенные Штаты Америки
Belfadhel, M.	Канадская комиссия по ядерной безопасности, Канада
Bosiljeval, F.	Министерство энергетики, Соединенные Штаты Америки
Bosser, R.	Международное агентство по атомной энергии
Bragg, K.	Канадская комиссия по ядерной безопасности, Канада
Chishimba, G.	Национальный совет по научным исследованиям, Замбия
Clein, D.	Национальная комиссия по атомной энергии, Аргентина
Daroussin, J.	Compagnie Generale des Matières Nucléaires, Франция
Falck, E.	Международное агентство по атомной энергии
Gera, F.	ISMES, Италия
Goldammer, W.	Brenk Systemplanung, Германия
Gnugnoli, G.	Комиссия по ядерному регулированию, Соединенные Штаты Америки
Hamp, S.	Министерство энергетики, Соединенные Штаты Америки
Horyna, J.	Государственное бюро по ядерной безопасности, Чешская Республика
Kvasnicka, J.	Radiation Dosimetry Systems, Австралия
Laraia, M.	Международное агентство по атомной энергии
Levins, D.	Австралийская организация ядерной науки и техники, Австралия
Mathes, D.	Министерство энергетики, Соединенные Штаты Америки
Metcalf, P.	Совет по ядерной безопасности, Южная Африка
Osborne, R.	Частный консультант, Канада
Pineau, J.	Compagnie Generale des Matières Nucléaires, Франция
Reisenweaver, D.	Международное агентство по атомной энергии
Rose, H.	GENCOR, Южная Африка
Santiago, J.	Empresa Nacional de Residuos Radiactivos, Испания
Scissons, K.	Канадская комиссия по ядерной безопасности, Канада
Selby, J.	Richards Bay Minerals, Южная Африка
Tamborini, J.	Международное агентство по атомной энергии

Viglasky, T.	Канадская комиссия по ядерной безопасности, Канада
Wymer, D.	Chamber of Mines of South Africa, Южная Африка
Zapantis, A.	Supervising Scientist Group, Австралия
Zettwoog, P.	Conseil Expertise Radioprotection Technique Aero Contamination, Франция
Zgola, B.	Канадская комиссия по ядерной безопасности, Канада

ОРГАНЫ, УЧАСТВУЮЩИЕ В ОДОБРЕНИИ НОРМ БЕЗОПАСНОСТИ

Комитет по нормам безопасности отходов

Аргентина: Siraki, G.; *Австралия:* Williams, G.; *Беларусь:* Роздьяловская, Л.; *Бельгия:* Baekelandt, L. (председатель); *Бразилия:* Tranjan Filho, A.; *Болгария:* Simeonov, G.; *Канада:* Ferch, R.; *Китай:* Fan, Z.; *Куба:* Benitez, J.; *Дания:* Ohlenschlager, M.; *Египет:* AlAdham, K.; *Ал Сорогі,* М.; *Финляндия:* Rukola, E.; *Франция:* Averous, J.; *Германия:* von Dobschütz, P.; *Венгрия:* Czoch, I.; *Индия:* Raj, K.; *Республика Ирландия:* Pollard, D.; *Израиль:* Avraham, D.; *Италия:* Dionisi, M.; *Япония:* Irie, K.; *Республика Корея:* Sa, S.; *Мадагаскар:* Andriambolona, R.; *Мексика:* Maldonado, H.; *Нидерланды:* Selling, H.; *Норвегия:* Sorlie, A.; *Пакистан:* Qureshi, K.; *Перу:* Gutierrez, M.; *Российская Федерация:* Полуэктов П.П.; *Республика Словакия:* Konecny, L.; *Южная Африка:* Pather, T.; *Испания:* I_fDonnell, P.; *Швеция:* Wingefors, S.; *Швейцария:* Zurkinden, A.; *Тайланд:* Wang charoenroong, B.; *Турция:* Kahraman, A.; *Соединенные Штаты Америки:* Greeves, J., Wallo, A.; *МАГАТЭ:* Hioki, K. (координатор); *Европейская Комиссия:* Taylor, D.; Webster, S.; *Международная комиссия по радиологической защите:* Valentin, J.; *Международная организация по стандартизации:* Hutson, G.; *Агентство по ядерной энергии Организации экономического сотрудничества и развития:* Riotte, H.

Комиссия по нормам безопасности

Аргентина: D'Amato, E.; *Бразилия:* Caubit da Silva, A.; *Канада:* Pereira, J.K.; *Китай:* Zhao, C.; *Франция:* Lacoste, A.-C., Gauvain, J.; *Германия:* Renneberg, W., Wendling, R.D.; *Индия:* Sukhatme, S.P.; *Япония:* Suda, N.; *Республика Корея:* Kim, S.-J.; *Российская Федерация:* Вишневский Ю.Г.; *Испания:* Azuara, J.A., Santoma, L.; *Швеция:* Holm, L.-E.; *Швейцария:* Jeschki, W.; *Украина:* Грищенко, В.; *Соединенное Королевство:* Williams, L.G. (председатель), Pape, R.; *Соединенные Штаты Америки:* Travers, W.D.; *МАГАТЭ:* Karbassioun A. (координатор); *Международная комиссия по радиологической защите:* Klarke, R.H.; *Агентство по ядерной энергии Организации экономического сотрудничества и развития:* Shimomura, K.

МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ
ВЕНА
ISBN 92-0-404104-8
ISSN 1020-5845