

СЕРИЯ НОРМ МАГАТЭ ПО БЕЗОПАСНОСТИ

Обращение с
радиоактивными
отходами высокого
уровня активности
перед их
захоронением

РУКОВОДСТВА

№ WS-G-2.6



IAEA

Международное агентство по атомной энергии

ОБРАЩЕНИЕ С РАДИОАКТИВНЫМИ ОТХОДАМИ
ВЫСОКОГО УРОВНЯ АКТИВНОСТИ
ПЕРЕД ИХ ЗАХОРОНЕНИЕМ

Членами Международного агентства по атомной энергии являются следующие государства:

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

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

Серия изданий по безопасности, № WS-G-2.6

ОБРАЩЕНИЕ С
РАДИОАКТИВНЫМИ ОТХОДАМИ
ВЫСОКОГО УРОВНЯ АКТИВНОСТИ
ПЕРЕД ИХ ЗАХОРОНЕНИЕМ

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
Декабрь 2005

ОБРАЩЕНИЕ С РАДИОАКТИВНЫМИ ОТХОДАМИ ВЫСОКОГО УРОВНЯ
АКТИВНОСТИ ПЕРЕД ИХ ЗАХОРОНЕНИЕМ

МАГАТЭ, ВЕНА, 2005

STI/PUB 1151

ISBN 92-0-412905-0

ISSN 1020-5845

ПРЕДИСЛОВИЕ

Мохамед ЭльБарадей
Генеральный директор

Устав МАГАТЭ уполномочивает Агентство устанавливать нормы безопасности для охраны здоровья и сведения к минимуму опасности для жизни и имущества – нормы, которые МАГАТЭ должно использовать в своей собственной работе и которые государства могут применять посредством их включения в свои регулирующие положения в области ядерной и радиационной безопасности. Всеобъемлющий комплект регулярно пересматриваемых норм безопасности наряду с помощью МАГАТЭ в их применении стал ключевым элементом глобального режима безопасности.

В середине 90-х годов было начато осуществление существенного пересмотра программы норм безопасности МАГАТЭ, была введена пересмотренная структура комитета по надзору и принят системный подход к обновлению всего свода норм. В результате этого новые нормы отвечают наивысшим требованиям и воплощают наилучшую практику в государствах-членах. С помощью Комиссии по нормам безопасности МАГАТЭ проводит работу с целью содействия глобальному признанию и использованию своих норм безопасности.

Однако нормы безопасности эффективны лишь тогда, когда они правильно применяются на практике. Широкий круг услуг МАГАТЭ в области безопасности - от вопросов инженерной безопасности, эксплуатационной безопасности, радиационной безопасности, безопасности перевозки и безопасности отходов до вопросов регулирования и культуры безопасности в организациях - содействует государствам-членам в применении этих норм и оценке их эффективности. Эти услуги в области безопасности позволяют обмениваться ценной информацией, и я по-прежнему призываю все государства-члены пользоваться ими.

Ответственность за регулирование ядерной и радиационной безопасности несут сами страны, и многие государства-члены приняли решение принять нормы безопасности МАГАТЭ в целях их использования в своих национальных регулирующих положениях. Для Договаривающихся сторон различных международных конвенций о безопасности нормы МАГАТЭ являются последовательным и надежным средством обеспечения эффективного выполнения обязательств в соответствии с конвенциями. Эти нормы также применяются проектировщиками, изготовителями оборудования и операторами во всем мире с целью повышения ядерной и радиационной безопасности в областях энергопроизводства, медицины, промышленности, сельского хозяйства, научных исследований и образования.

МАГАТЭ весьма серьезно относится к долговременной задаче, стоящей перед всеми пользователями и регулирующими органами, - обеспечить высокий уровень безопасности при использовании ядерных материалов и источников излучения во всем мире. Их дальнейшее использование на благо человечества должно осуществляться безопасным образом, и нормы безопасности МАГАТЭ предназначены для содействия достижению этой цели.

НОРМЫ БЕЗОПАСНОСТИ МАГАТЭ

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПОСРЕДСТВОМ МЕЖДУНАРОДНЫХ НОРМ

Хотя обеспечение безопасности является национальной ответственностью, международные нормы и подходы к обеспечению безопасности содействуют достижению общей согласованности, помогают обеспечивать уверенность в том, что ядерные и радиационные технологии используются безопасно, а также способствуют международному техническому сотрудничеству и торговле.

Нормы также обеспечивают поддержку государствам в выполнении их международных обязательств. Одно общее международное обязательство - это то, что государство не должно осуществлять деятельность, которая причиняет ущерб в другом государстве. Более конкретные обязательства, возложенные на договаривающиеся государства, изложены в международных конвенциях, касающихся безопасности. Согласованные на международном уровне нормы безопасности МАГАТЭ обеспечивают для государств основу подтверждения того, что они выполняют эти обязательства.

НОРМЫ МАГАТЭ

Нормы безопасности МАГАТЭ закреплены в Уставе МАГАТЭ, который уполномочивает Агентство устанавливать нормы безопасности для ядерных и радиационных установок и деятельности и обеспечивать применение этих норм.

Нормы безопасности отражают международный консенсус в отношении того, что составляет высокий уровень безопасности для защиты людей и охраны окружающей среды.

Они выпускаются в Серии норм безопасности МАГАТЭ, состоящей из трех категорий:

Основы безопасности

—содержащие цели, концепции и принципы обеспечения защиты и безопасности и служащие основой для требований безопасности.

Требования безопасности

—устанавливающие требования, которые должны выполняться с целью обеспечения защиты людей и охраны окружающей среды в настоящее

время и в будущем. Эти требования, для выражения которых применяется формулировка “должен, должна, должно, должны”, определяются целями, концепциями и принципами, изложенными в Основах безопасности. Если они не выполняются, то должны быть приняты меры для достижения или восстановления требуемого уровня безопасности. В Требованиях безопасности используется язык нормативных документов, что позволяет включать их в национальные законы и регулирующие положения.

Руководства по безопасности

—предоставляющие рекомендации и руководящие материалы по соблюдению Требований безопасности. Рекомендации в Руководствах по безопасности формулируются с применением глагола “следует”. Рекомендуются принимать указанные в них меры или эквивалентные альтернативные меры. В Руководствах по безопасности представлена международная образцовая практика, и во все большей степени они отражают наилучшую практику с целью помочь пользователям, стремящимся достичь высоких уровней безопасности. Каждая публикация по Требованиям безопасности дополняется рядом Руководств по безопасности, которые могут использоваться при разработке национальных регулирующих руководств.

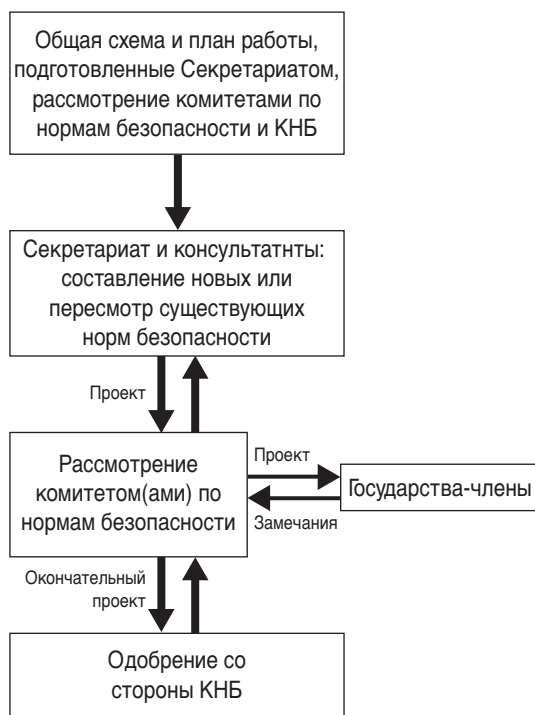
Нормы безопасности МАГАТЭ необходимо дополнять промышленными стандартами, и для достижения их полной эффективности они должны применяться в рамках соответствующих национальных регулирующих инфраструктур. МАГАТЭ выпускает широкий круг технических публикаций для помощи государствам в разработке этих государственных стандартов и в развитии инфраструктур.

ОСНОВНЫЕ ПОЛЬЗОВАТЕЛИ НОРМ

Помимо регулирующих органов и правительственных учреждений, органов и организаций, эти нормы используют компетентные органы и эксплуатирующие организации в ядерной отрасли, организации, которые проектируют, изготавливают и применяют ядерное и радиационное технологическое оборудование, в том числе организации, эксплуатирующие установки различных типов, пользователи и другие лица, работающие с излучениями и радиоактивными материалами в сфере медицины, промышленности, сельского хозяйства, научных исследований и образования, а также инженеры, ученые, техники и другие специалисты. Эти нормы используются МАГАТЭ в проводимых им расследованиях безопасности и для разработки образовательных и учебных курсов.

ПРОЦЕСС РАЗРАБОТКИ НОРМ

Подготовкой и рассмотрением норм безопасности занимаются Секретариат МАГАТЭ и четыре комитета по нормам безопасности в таких областях, как ядерная безопасность (НУССК), радиационная безопасность (РАССК), безопасность радиоактивных отходов (ВАССК) и безопасная перевозка радиоактивных материалов (ТРАНССК), и Комиссия по нормам безопасности (КНБ), которая осуществляет надзор за всей программой по нормам безопасности. Все государства - члены МАГАТЭ могут назначать экспертов в комитеты по нормам безопасности и представлять замечания по проектам норм. Члены КНБ назначаются Генеральным директором, и в его состав входят старшие правительственные должностные лица, несущие ответственность за установление национальных норм.



Процесс разработки новых норм безопасности или пересмотр существующих норм.

Одобренные Комиссией проекты Основ безопасности и Требований безопасности представляются Совету управляющих МАГАТЭ для утверждения их опубликования. Руководства по безопасности публикуются после утверждения Генеральным директором.

Благодаря этому процессу нормы отражают согласованное мнение государств - членов МАГАТЭ. При разработке норм принимаются во внимание выводы Научного комитета ООН по действию атомной радиации (НКДАР ООН) и рекомендации международных экспертных органов, в частности, Международной комиссии по радиологической защите (МКРЗ). Некоторые нормы разрабатываются в сотрудничестве с другими органами системы Организации Объединенных Наций или другими специализированными учреждениями, включая Продовольственную и сельскохозяйственную организацию Объединенных Наций, Международную организацию труда, Агентство по ядерной энергии ОЭСР, Панамериканскую организацию здравоохранения и Всемирную организацию здравоохранения.

Нормы безопасности постоянно обновляются: через пять лет после публикации они вновь рассматриваются, с тем чтобы определить необходимость их пересмотра.

ПРИМЕНЕНИЕ И СФЕРА ДЕЙСТВИЯ НОРМ

Согласно Уставу МАГАТЭ нормы безопасности являются обязательными 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 любой формы помощи Агентства, должно выполнять требования норм безопасности, которые относятся к деятельности, охватываемой соглашением.

Международные конвенции также содержат требования, аналогичные тем, которые имеются в нормах безопасности, и делают их обязательными для договаривающихся сторон. Основы безопасности использовались в качестве основы для разработки Конвенции о ядерной безопасности и Объединенной конвенции о безопасности обращения с отработавшим топливом и о безопасности обращения с радиоактивными отходами. Требования безопасности по готовности и реагированию в случае ядерной или радиационной аварийной ситуации отражают обязательства, возлагаемые на государства в соответствии с Конвенцией об оперативном оповещении о ядерной аварии и Конвенцией о помощи в случае ядерной аварии или радиационной аварийной ситуации.

Нормы безопасности, включенные в национальное законодательство и регулирующие положения и дополненные международными конвенциями и

детальными национальными требованиями, устанавливают основу для защиты людей и охраны окружающей среды. Однако имеются также особые аспекты безопасности, которые необходимо оценивать по отдельности на национальном уровне. Например, многие нормы безопасности, особенно те из них, которые охватывают аспекты планирования или разработки мер по обеспечению безопасности, прежде всего предназначаются для применения к новым установкам и видам деятельности. Требования и рекомендации, изложенные в нормах безопасности МАГАТЭ, не могут полностью соблюдаться на некоторых установках, построенных в соответствии с принятыми ранее нормами. Вопрос о том, как нормы безопасности должны применяться на таких установках, решают сами государства.

ТОЛКОВАНИЕ ТЕКСТА

Формулировка “должен, должна, должно, должны” используется в нормах безопасности при установлении международного консенсуса в отношении требований, обязанностей и обязательств. Многие требования не адресованы конкретной стороне, вследствие чего соответствующая сторона или стороны должны отвечать за их выполнение. В рекомендациях используется формулировка “следует”, указывающая на международный консенсус в этом отношении и означающая, что для выполнения требований необходимо принимать рекомендуемые (или эквивалентные альтернативные) меры.

В английском варианте текста относящиеся к безопасности термины должны толковаться в соответствии с их определениями в глоссарии МАГАТЭ по безопасности (<http://www-ns.iaea.org/standards/safety-glossary.htm>); в других случаях слова используются с написанием и приданными им значениями, приведенными в последнем издании Краткого оксфордского словаря английского языка. В отношении Руководств по безопасности английский вариант текста является официальной версией.

История вопроса и контекст каждой нормы в Серии норм безопасности, а также их цель, сфера действия и структура объясняются в разделе 1, Введение, каждой публикации.

Материал, который нецелесообразно помещать в рамках основного текста (т.е. материал, который является вспомогательным или идет отдельно от основного текста, включается в поддержку формулировок основного текста или описывает методы расчетов, процедуры экспериментов или пределы и условия), может быть представлен в добавлениях или приложениях.

Добавление, если оно включено, рассматривается в качестве неотъемлемой части норм. Материал в добавлении имеет такой же статус, как и основной текст, и МАГАТЭ берет на себя авторство в отношении такого

материала. Приложения и сноски к основному тексту, если они включены, используются для предоставления практических примеров или дополнительной информации или пояснений. Приложение не является неотъемлемой частью основного текста. Материал в приложениях, опубликованный МАГАТЭ, не обязательно выпускается в качестве его авторского материала; в приложениях может быть представлен материал, опубликованный в нормах, имеющих другое авторство. Посторонний материал в приложениях по мере необходимости публикуется в виде выдержек и адаптируется, с тем чтобы в целом быть полезным.

СОДЕРЖАНИЕ

1.	ВВЕДЕНИЕ	1
	Общие положения (1.1–1.10)	1
	Цель (1.11)	4
	Область применения (1.12–1.20)	4
	Структура (1.21)	5
2.	ЗАЩИТА ЗДОРОВЬЯ ЧЕЛОВЕКА И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ (2.1–2.12)	6
3.	РОЛИ И ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	9
	Общие соображения (3.1–3.3)	9
	Ответственность регулирующего органа (3.4–3.10)	10
	Ответственность операторов (3.11–3.14)	12
4.	ОБЩИЕ СООБРАЖЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ	13
	Взаимозависимость (4.1–4.3)	13
	Контроль образования отходов (4.7)	14
	Характеризация отходов (4.8–4.13)	15
	Критерии приемлемости (4.14–4.15)	16
	Квалификация персонала (4.16–4.17)	17
	Облегчение снятия с эксплуатации (4.18–4.21)	18
	Подготовка документации по безопасности (4.22)	20
	Контроль доступа (4.23–4.25)	20
	Аварийная готовность (4.26)	21
5.	ОСОБЕННОСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ОБРАЩЕНИИ С ВАО ПЕРЕД ИХ ЗАХОРОНЕНИЕМ	21
	Общие соображения (5.1–5.3)	21
	Элементы обращения с ВАО перед их захоронением (5.4–5.27)	22
	Конструкция установки для обращения с ВАО перед их захоронением (5.28–5.38)	28
	Эксплуатация установки для обращения с ВАО перед их захоронением (5.39–5.43)	31
	Транспортирование (5.44–5.45)	32

6.	УЧЕТНАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ И ОТЧЕТНОСТЬ	32
	Ведение учетной документации (6.1–6.3)	32
	Отчетность (6.4–6.5).....	34
7.	ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ (7.1–7.9)	35
8.	ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА (8.1–8.14).....	37
	ДОПОЛНЕНИЕ: ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА И ХАРАКТЕРИСТИКИ ВАО	43
	СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ	46
	ПРИЛОЖЕНИЕ I: ПРАКТИЧЕСКИЕ ЭТАПЫ ОБРАЩЕНИЯ С ВАО ПЕРЕД ИХ ЗАХОРОНЕНИЕМ	49
	ПРИЛОЖЕНИЕ II: ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЛОЩАДКИ, ПРОЦЕССЫ И СОБЫТИЯ, УЧИТЫВАЕМЫЕ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ОЦЕНКИ БЕЗОПАСНОСТИ (ВНЕШНИЕ ПРИРОДНЫЕ ЯВЛЕНИЯ).....	54
	ПРИЛОЖЕНИЕ III: ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЛОЩАДКИ, ПРОЦЕССЫ И СОБЫТИЯ, УЧИТЫВАЕМЫЕ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ОЦЕНКИ БЕЗОПАСНОСТИ (ВНЕШНИЕ СОБЫТИЯ, ВЫЗВАННЫЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ ЧЕЛОВЕКА)	56
	ПРИЛОЖЕНИЕ IV: ПОСТУЛИРУЕМЫЕ ИСХОДНЫЕ СОБЫТИЯ, УЧИТЫВАЕМЫЕ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ОЦЕНКИ БЕЗОПАСНОСТИ (ВНУТРЕННИЕ ЯВЛЕНИЯ)	58
	СОСТАВИТЕЛИ И РЕЦЕНЗЕНТЫ.....	61
	ОРГАНЫ, УЧАСТВУЮЩИЕ В ОДОБРЕНИИ НОРМ БЕЗОПАСНОСТИ	63

1. ВВЕДЕНИЕ

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

1.1. Радиоактивные отходы образуются в результате производства электроэнергии на атомных электростанциях и при использовании радиоактивных материалов в промышленности, научных исследованиях и медицине. Важность безопасного обращения с радиоактивными отходами для защиты здоровья человека и окружающей среды признана давно. Принципы и требования, которые регулируют безопасность при обращении с радиоактивными отходами, представлены в документах «Принципы обращения с радиоактивными отходами» [1], «Юридическая и государственная инфраструктура ядерной безопасности, радиационной безопасности, безопасности радиоактивных отходов и безопасности перевозки» [2], а также «Обращение с радиоактивными отходами перед их захоронением, включая снятие с эксплуатации» [3].

1.2. В публикации [3] устанавливаются требования по безопасному обращению с радиоактивными отходами перед их захоронением. Эти требования разработаны на основе принципов обращения с радиоактивными отходами, которые сформулированы в публикации МАГАТЭ категории Основ безопасности «Принципы обращения с радиоактивными отходами» [1] и включают требования по защите здоровья человека и окружающей среды и связанное с этим распределение ответственности. Рекомендации по выполнению этих требований приведены в настоящем Руководстве по безопасности и в ряде руководств по безопасности, относящихся к данной теме.

1.3. Настоящее Руководство по безопасности содержит рекомендации по вопросам обеспечения выполнения требований безопасности при обращении с радиоактивными отходами высокого уровня активности перед их захоронением, которые включают высокоактивные отходы (ВАО) в жидкой и отвержденной форме после переработки отработавшего топлива, а также само отработавшее топливо в том случае, если оно считается отходами. Обращение с радиоактивными отходами перед их захоронением включает все этапы обращения с отходами перед захоронением, а также вывод из эксплуатации. Настоящее Руководство по безопасности содержит рекомендации для регулирующих органов и других национальных компетентных органов и эксплуатирующих организаций (операторов) по безопасному обращению с отходами и руководящие материалы по необходимым характеристикам упаковок отходов с целью обеспечения соответствия требованиям,

предъявляемым к манипулированию, транспортированию, хранению и захоронению. Соответствие этим требованиям гарантирует надлежащее планирование обращения и безопасное обращение с ВАО в установленных ядерным регулированием рамках.

1.4. ВАО образуются главным образом из отработавшего топлива. Существует два основных подхода к обращению с отработавшим топливом:

- (a) переработка с целью извлечения ценных делящихся материалов для их повторного использования и обращение с отходами, образовавшимися в результате переработки (обычно это называется 'замкнутым топливным циклом');
- (b) непосредственное захоронение отработавшего топлива, если оно считается отходами (обычно это называется 'однократным топливным циклом').

1.5. ВАО могут включать следующее: 1) отработавшее топливо (если оно считается отходами); 2) радиоактивную жидкость (далее – жидкие ВАО), образовавшуюся в результате переработки отработавшего топлива, которая содержит наибольшую часть продуктов деления и актинидов, изначально присутствующих в отработавшем топливе, и твердую форму отходов (далее – отвержденные ВАО), образовавшуюся в результате отверждения данного материала; и 3) другие отходы, имеющие активность, сравнимую с активностью ВАО, относящихся к 1) и 2). Для ВАО характерно тепловыделение и большие периоды полураспада радионуклидов.

1.6. Программы обращения с ВАО могут включать и другие источники поступления отходов, которые могут быть включены в программу обращения с ВАО. Примеры включают компоненты активной зоны реактора, структурные части топливных сборок или другие отходы, образовавшиеся в результате переработки, которые могут быть концентрированы и добавлены в жидкие ВАО по техническим или экономическим причинам.

1.7. Отработавшее топливо может быть помещено в хранилище на длительный срок до принятия решения о его переработке. Помимо необходимости защиты человека и окружающей среды на выбор того или иного подхода влияют следующие соображения: накопленное количество отработавшего топлива и доступная вместимость хранилища; соображения, касающиеся безопасности (целостность оболочки твэлов), относящиеся к долговременному хранению топлива; вопросы финансирования; состояние системы обращения с отходами; консультации с общественностью; и

неопределенность будущих социальных и политических условий. Если решение о захоронении или переработке отработавшего топлива не принято, то для хранения следует обеспечивать соответствующие хранилища достаточной емкости.

Обработка и хранение

1.8. Обращение с ВАО перед их захоронением может включать один или несколько этапов обработки (например, подготовку, предварительную обработку и кондиционирование). Обращение с отходами, их хранение и транспортирование необходимо в течение каждого из таких этапов, в промежутках между ними, а также после их завершения. Подходы, которые требуется использовать для обращения с ВАО, определяют необходимые этапы обработки отходов (см. Приложение I).

1.9. Целью деятельности по обращению с отходами до захоронения является изготовление упаковок кондиционированных ВАО, пригодных для манипулирования, транспортирования, хранения и захоронения. В случае отсутствия пунктов захоронения ВАО, следует делать допущения, касающиеся требований приемлемости отходов в хранилище в будущем с целью разработки рекомендаций по обращению с отходами перед их захоронением. При отсутствии пункта захоронения следует обеспечивать, чтобы в обсуждении и формулировании необходимых руководящих материалов принимали участие все заинтересованные в этом стороны.

Снятие с эксплуатации

1.10. Снятие с эксплуатации установки по обращению с ВАО включает различные административные и технические мероприятия, которые необходимо выполнять по окончании срока службы установки с целью освобождения от части или всех мер регулирующего контроля. На ранних этапах следует проводить планирование, с тем чтобы предусмотреть проектные решения, облегчающие вывод из эксплуатации, и определить соответствующие эксплуатационные меры, которые в целом должны внести существенный вклад в безопасное снятие с эксплуатации установки. Требования и рекомендации для вывода из эксплуатации ядерных установок различного вида даны в нормах безопасности [36], и эти нормы безопасности следует принимать во внимание применительно к мероприятиям по снятию с эксплуатации, касающимся ВАО.

ЦЕЛЬ

1.11. Целью настоящего Руководства по безопасности является обеспечение регулирующих органов и операторов, деятельность которых приводит к образованию радиоактивных отходов или которые осуществляют обращение с отходами, рекомендациями по выполнению принципов и требований, установленных в [13] для обращения с ВАО перед их захоронением.

ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

1.12. Настоящее Руководство по безопасности применяется к обращению с ВАО перед их захоронением, как определено в пункте 1.5.

1.13. В случае жидких ВАО, образовавшихся в результате переработки отработавшего топлива, рекомендации настоящего руководства по безопасности применяются с момента, когда жидкие отходы были собраны после первого процесса извлечения для хранения и последующей обработки.

1.14. Рекомендации и руководящие материалы по хранению отработавшего топлива, независимо от того, считается оно отходами или нет, после его удаления из приреакторного хранилища даны в [7-9].

1.15. В случае, если отработавшее топливо считается отходами, настоящее руководство по безопасности применяется к любой деятельности, осуществляемой после его извлечения из приреакторного хранилища и перед его захоронением.

1.16. Требования, касающиеся транспортирования отработавшего топлива, независимо от того, считается оно отходами или нет, и всех форм ВАО (см п.1.5), изложены в [10], и связанные с ними рекомендации даны в [11].

1.17. Для отходов других типов настоящее руководство по безопасности применяется, когда отходы направляются в группу ВАО по соответствующей схеме обращения перед их захоронением. Если они не направляются в группу ВАО, обращение с низко- и среднеактивными отходами, включая отходы, образующиеся при обращении с ВАО перед их захоронением, следует осуществлять в соответствии с рекомендациями, изложенными в [12].

1.18. Настоящее руководство по безопасности содержит рекомендации, касающиеся аспектов безопасности при обращении с ВАО, включая

планирование, проектирование, сооружение, эксплуатацию и вывод из эксплуатации оборудования или установок для обращения с ВАО перед их захоронением. Оно охватывает:

- (a) характеризацию и обработку (т.е. предварительную обработку, переработку и кондиционирование) ВАО;
- (b) хранение жидких и отвержденных ВАО;
- (c) хранение кондиционированного отработавшего топлива.

1.19. Рекомендации по снятию с эксплуатации установок для обращения с ВАО перед их захоронением даны в [4]. Рекомендации по оценке безопасности установок для обращения с ВАО будут включены в Руководство по безопасности по оценке безопасности объектов ядерного топливного цикла, за исключением реакторов и хранилищ отходов, а более подробные рекомендации по хранению будут представлены в Руководстве по безопасности по безопасному хранению радиоактивных отходов. Настоящее руководство по безопасности содержит дополнительные рекомендации по этим вопросам только в случае, если они имеют конкретное отношение к обращению с ВАО перед их захоронением.

1.20. Если нет конкретной ссылки на одну или несколько категорий, то рекомендации настоящего Руководства по безопасности применяются в целом ко всем категориям ВАО. Возможность достижения критичности более серьезная проблема в случае отработавшего топлива, чем других категорий ВАО, и этому вопросу следует уделять надлежащее внимание при осуществлении всех видов деятельности по обращению с отработавшим топливом. Возможность возникновения критичности при обращении с жидкими ВАО следует, однако, также всегда учитывать (см. п. 5.3).

СТРУКТУРА

1.21. Раздел 2 посвящен вопросам защиты здоровья человека и охраны окружающей среды, в Разделе 3 определяется роль и распределение ответственности регулирующего органа и оператора. В Разделе 4 приводятся общие соображения безопасности в отношении обращения с ВАО перед их захоронением, а в Разделе 5 даны рекомендации по обращению с ВАО перед их захоронением, по проектированию и эксплуатации установок, а также по требованиям приемлемости. Раздел 6 содержит рекомендации по ведению документации и отчетности, а Раздел 7 посвящен вопросам оценки безопасности и оценки воздействия на окружающую среду. В Разделе 8

рассматриваются вопросы обеспечения качества. В Дополнении перечисляются основные свойства и характеристики ВАО. Приложение I содержит краткое описание практических этапов обращения с ВАО перед их захоронением. В Приложениях II и III дан перечень характеристик площадки, процессов и событий, учитываемых при проведении оценки безопасности применительно к внешним природным явлениям и внешним событиям, вызванным деятельностью человека, соответственно. В Приложении IV перечислены постулируемые исходные события (внутренние явления), которые учитываются при проведении анализа безопасности.

2. ЗАЩИТА ЗДОРОВЬЯ ЧЕЛОВЕКА И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

2.1. Требования, установленные в разделе 2 документа [3] в отношении защиты здоровья человека и охраны окружающей среды, применимы к обращению с ВАО. Деятельность по обращению с ВАО перед их захоронением направлена на то, чтобы гарантировать, что при обращении с этими отходами будет обеспечиваться защита здоровья человека и охрана окружающей среды в настоящее время и в будущем без наложения чрезмерного бремени на будущие поколения [1]. Следует обеспечивать, чтобы обращение с ВАО перед их захоронением составляло важнейшую часть национальной системы обращения с ВАО, и следует обеспечивать, чтобы выполнялись соответствующие требования безопасности.

2.2. При проектировании установок и планировании практической деятельности по обращению с ВАО перед их захоронением обязательно принимают во внимание необходимость защиты от воздействия излучения как персонала, так и населения в соответствии с Основными нормами безопасности [13], где установлено, что профессиональные дозы должны поддерживаться ниже установленных пределов доз и на разумно достижимом низком уровне (ALARA) с учетом экономических и социальных факторов ([13], раздел 2).

2.3. Вследствие высоких концентраций радионуклидов и высоких уровней излучения, связанных с ВАО, обращение с ВАО перед их захоронением может приводить к значительному облучению персонала и населения. Поэтому особые усилия при проектировании, эксплуатации и снятии с эксплуатации

установок по обращению с ВАО следует направлять на предотвращение, выявление и смягчение последствий инцидентов и аварий.

2.4. При проектировании установки, а также в эксплуатационной практике, связанной с обращением с ВАО перед их захоронением, следует также уделять серьезное внимание контролю профессионального облучения. Дозы профессионального облучения следует поддерживать при соблюдении принципа ALARA посредством надежной эксплуатационной и инженерной практики, а также осуществления административного контроля. Примерами таких мер могут служить:

- (a) тщательное планирование и точное выполнение действий при обращении с ВАО, позволяющие облегчить окончательное снятие с эксплуатации установок по обращению с ВАО;
- (b) предварительные оценки работ и обучение на макетах с целью минимизации облучения при выполнении работ по эксплуатации и обслуживанию;
- (c) использование технологий дистанционного манипулирования при выполнении работ по эксплуатации и обслуживанию;
- (d) установление контроля, например, в отношении пределов активности в случае, если отдельные предметы передаются или перемещаются из зон с большим загрязнением в зоны с более низким загрязнением.

2.5. Выход радиоактивных материалов в окружающую среду от установок по обращению с ВАО перед их захоронением следует контролировать в соответствии с рекомендациями, содержащимися в документе [14], а также в соответствии с пределами и условиями, установленными регулирующим органом.

2.6. Достаточность контроля, предусмотренного для ограничения облучения работников и населения, следует в соответствующих случаях подтверждать посредством проведения мониторинга персонала, территории и сбросов.

2.7. Основная связанная с обеспечением безопасности проблема при обращении с ВАО это радиологическая опасность. Однако при проектировании и эксплуатации установок по обращению с ВАО перед их захоронением следует принимать во внимание также опасности для здоровья человека и окружающей среды, связанные с другими физическими и химическими характеристиками ВАО. Защиту от нерадиологических опасностей следует обеспечивать в соответствии с требованиями соответствующих норм по защите здоровья, безопасности и охране окружающей среды.

2.8. Обращение с ВАО необходимо осуществлять таким образом, чтобы на будущие поколения не налагалось чрезмерное бремя ([1]; [3], пункт 2.1). Принятие решений по переработке или непосредственному захоронению отработавшего топлива, например, часто откладывается, если нет подходящих сооружений для захоронения. Поэтому на практике отработавшее топливо хранится в инженерных сооружениях, в случае которых проектирование, эксплуатацию и оценку безопасности следует выполнять в соответствии с рекомендациями, содержащимися в [79], соответственно.

2.9. Операторам, ответственным за обращение с ВАО перед их захоронением, следует быть осведомленными в вопросе возможных национальных стратегий захоронения ВАО, и им следует проводить исследования по процессам окончательного захоронения ВАО, которые согласуются с национальным планированием. Программы следует выполнять таким образом, чтобы минимизировать до практически достижимых уровней образование жидких ВАО и необходимость их долговременного хранения. Следует рассматривать вопросы стабилизации отходов на этапе принятия решений о захоронении. Это следует делать так, чтобы удовлетворялись критерии приемлемости отходов для будущего пункта захоронения и обеспечивалась более эффективная защита для нынешнего и будущего поколений людей.

2.10. Какая бы стратегия не была выбрана, все установки по обращению с ВАО перед их захоронением следует проектировать и эксплуатировать, а соответствующие работы проводить с учетом степени опасности отдельных форм ВАО. Если обработка или начальное кондиционирование жидких ВАО проводится для того, например, чтобы обеспечить более безопасную форму и уменьшить возможность ее рассеяния, следует учитывать этапы ее последующей переработки, а также ее совместимость с конечной формой кондиционированных отходов. Следует также учитывать опасность, связанную с технологией стабилизации отходов.

2.11. “Образование радиоактивных отходов должно поддерживаться на минимальном практически достижимом уровне как с точки зрения активности, так и объема ...” ([1], пункт 324). Следует обеспечивать, чтобы минимизация образования ВАО по возможности была целью процесса, в ходе которого они образуются. Следует обеспечивать, чтобы общей задачей было уменьшение объема и активности вторичных отходов, которые образуются при обращении с ВАО. Средства, которые следует рассматривать в целях уменьшения количества таких образующихся отходов, включают применение хорошо спроектированного процесса, эффективных способов эксплуатации и хорошо

подготовленного и осуществляемого процесса вывода из эксплуатации установок и сооружений.

2.12. Необходимо внедрять и поддерживать культуру безопасности во всех организациях, вовлеченных в обращение с ВАО перед их захоронением, начиная от образования отходов до их окончательного захоронения, с целью поощрения критического, конструктивного и основанного на самодисциплине отношения к защите и безопасности и исключения самоуспокоенности ([13], пункт 2.28; [15]).

3. РОЛИ И ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

ОБЩИЕ СООБРАЖЕНИЯ

3.1. Необходимо, чтобы обращение с ВАО перед их захоронением проводилось в рамках соответствующей национальной правовой базы, которая обеспечивает четкое распределение ответственности [1] и эффективный регулирующий надзор за установками и соответствующей деятельностью ([2]; [3], пункты 3.5–3.9). Национальная правовая база также позволяет обеспечивать соблюдение других национальных и международных законов. Хотя законы обычно носят общий характер, национальная правовая система может допускать издание нормативных документов по обращению с ВАО перед их захоронением, относящихся к специфическим условиям площадки. Требования в отношении ответственности за разработку такой базы и ответственность регулирующего органа за обеспечение безопасности при обращении с ВАО перед их захоронением установлены в [2].

3.2. При обращении с ВАО перед их захоронением отходы могут передаваться от одного оператора к другому или обработка отходов может осуществляться в другом государстве. В установленную правовую базу следует включать положения по обеспечению четкого распределения ответственности за безопасность в течение всего процесса обращения с ВАО перед их захоронением, включая любую передачу ответственности от одного оператора к другому. Следует также рассматривать вопросы вывода из эксплуатации любых установок, на которых осуществлялось обращение с ВАО. Такую преемственность ответственности за безопасность следует обеспечивать посредством соответствующих официальных разрешений, выдаваемых

регулирующим органом (например, путем выдачи лицензии или ряда лицензий в соответствии с национальной правовой базой и соглашениями между государствами, вовлеченными в трансграничные перемещения ВАО).

3.3. Не следует допускать, чтобы одна и та же государственная организация была ответственна как за эксплуатацию, так и за регулирование обращения с радиоактивными отходами. Однако, если этого невозможно избежать, следует четко определять и функционально разграничивать ответственность за эксплуатацию и за регулирование.

ОТВЕТСТВЕННОСТЬ РЕГУЛИРУЮЩЕГО ОРГАНА

3.4. При обращении с ВАО перед их захоронением, как и во всех областях установленных законом обязанностей, регулирующему органу необходимо действовать в пределах национальной правовой базы для определения политики, принципов безопасности и соответствующих критериев и для установления требований, которые служат основой для его регулирующей деятельности ([2], пункты 3.1 и 3.2). Необходимо, чтобы регулирующий орган обеспечивал операторов руководящими материалами, касающимися соблюдения требований по обращению с ВАО перед их захоронением. При осуществлении своих обязанностей регулирующему органу необходимо выполнять ряд функций, установленных в [2], основные из которых указаны ниже:

- (a) рассматривать и оценивать документы по безопасности, представленные операторами;
- (b) осуществлять выдачу, изменение, приостановление действия или отмену официальных разрешений;
- (c) проводить инспекции для целей регулирования;
- (d) обеспечивать принятие корректирующих мер в случае выявления небезопасных или потенциально небезопасных условий;
- (e) принимать необходимые меры по применению санкций в случае нарушения регулирующих требований.

3.5. Рекомендации по рассмотрению и оценке регулирующим органом установок и деятельности, связанных с обращением с ВАО, даны в [16]. Рекомендации в отношении документации, которую регулирующему органу следует требовать от оператора ядерной установки для осуществления регулирования, даны в [17].

3.6. Регулирующему органу следует как можно раньше подготавливать руководящие материалы по снятию с эксплуатации установок по обращению с ВАО. Оператору следует использовать эти руководящие материалы при выборе варианта проектных решений и эксплуатационной практики для облегчения вывода из эксплуатации.

3.7. Ввиду возможного продолжительного периода времени между кондиционированием ВАО и их захоронением особое внимание следует уделять тому, чтобы к моменту, когда это потребуется, имелись бы в наличии достаточные человеческие, технические и финансовые ресурсы и была доступна необходимая информация. Регулирующему органу следует обеспечивать, чтобы при необходимости был предусмотрен соответствующий механизм получения ресурсов, а необходимая документация подготавливалась и сохранялась в течение соответствующего периода времени. Перечень необходимой документации приводится в [17].

3.8. Регулирующему органу следует, как правило, обеспечивать операторов, осуществляющих работы по обращению с ВАО перед их захоронением, руководящими материалами по следующим вопросам:

- (a) критерии защиты здоровья человека и охраны окружающей среды;
- (b) требования ядерной и радиационной безопасности;
- (c) требования в отношении контроля выбросов;
- (d) критерии, относящиеся к характеристике и классификации радиоактивных отходов;
- (e) стратегии обращения с радиоактивными отходами;
- (f) критерии приемлемости для долгосрочного хранения и/или захоронения радиоактивных отходов;
- (g) процессы и порядок выдачи лицензии или официального разрешения другого вида;
- (h) порядок осуществления модификаций установки или процессов;
- (i) политика и процедуры, используемые регулирующим органом для проверки соблюдения требований и применения санкций;
- (j) сроки предоставления и содержание периодических отчетов, направляемых оператором регулирующему органу;
- (k) культура безопасности;
- (l) обеспечение качества.

3.9. Регулирующему органу следует проводить проверку ключевых аспектов операций по обращению с ВАО перед их захоронением, которые будут осуществляться оператором, таких, как соответствие кондиционированных

упаковок ВАО требованиям приемки на установку для захоронения или в хранилище для долгосрочного хранения.

3.10. Предполагается, что правительство будет проводить консультации с регулирующим органом по всем вопросам политики и стратегии в области безопасности обращения с ВАО, а регулирующему органу следует обеспечивать такие консультации по вопросам, касающимся безопасности установок и осуществляемой деятельности, а также по вопросам защиты и безопасности в аварийных ситуациях ([2], пункты 3.3 и 6.6).

ОТВЕТСТВЕННОСТЬ ОПЕРАТОРОВ

3.11. До начала сооружения или существенной модификации какой-либо установки по обращению с НСАО перед их захоронением оператор должен представить регулирующему органу документ с детальным разъяснением предлагаемого проекта и эксплуатационной практики, а также анализ безопасности в соответствии с регулирующими требованиями ([2], Раздел 5). В таком документе следует обосновывать предлагаемую деятельность и подтвердить ее безопасность посредством оценок, как это описано в Разделе 7. Прежде чем регулирующий орган разрешит начало эксплуатации с использованием радиоактивного материала, в соответствии с требованиями регулирующего органа оператору следует выполнить предэксплуатационные испытания и испытания при вводе в эксплуатацию для подтверждения соответствия требованиям проекта и другим требованиям безопасности.

3.12. Оператор может перерабатывать, хранить и/или захоранивать ВАО санкционированным способом, используя собственные установки или передавая отходы на определенной стадии другому оператору. При этом оператору следует определять подходящее место назначения и гарантировать, что ВАО будут переданы только организации, имеющей соответствующее официальное разрешение. Оператору следует нести ответственность и гарантировать безопасное транспортирование радиоактивных отходов в соответствии с национальными и международными положениями по безопасной перевозке радиоактивных материалов [10]. Оператор несет ответственность за обеспечение безопасности всей деятельности по обращению с отходами перед их захоронением, даже если работы переданы на контрактной основе третьей стороне. Любое транспортирование отходов в другое государство должно удовлетворять международным обязательствам, таким, как обязательства, сформулированные в статье 27 Объединенной конвенции о безопасности обращения с отработавшим топливом и о безопасности

обращения с радиоактивными отходами [18]. Оператору следует также нести полную ответственность и гарантировать, что упаковки отходов соответствуют требованиям приемлемости для захоронения ВАО. В случае отсутствия таких требований оператору следует представить всестороннее обоснование соответствия упаковок отходов ожидаемым требованиям приемлемости для захоронения с тем, чтобы обеспечить достаточную гарантию того, что кондиционированные ВАО могут быть приняты на захоронение.

3.13. Оператору следует подготовить план вывода из эксплуатации и план действий в случае аварии (противоаварийный план), а также устанавливать механизмы, гарантирующие достаточность финансовых ресурсов для выполнения всех задач в течение всего жизненного цикла установки по обращению с ВАО [3]. Деятельность, за которую несет ответственность оператор, подробно описана в [2], и требования к этой деятельности следует изменять при необходимости применительно к обращению с ВАО перед их захоронением.

3.14. В некоторых государствах были созданы специализированные организации для обеспечения обслуживания применительно к обращению с отходами. Для обеспечения эффективности работы системы в целом между всеми партнерами следует поддерживать наличие адекватной связи. Наряду с возможными общими выгодами в качестве главной цели в указанном выше процессе обмена информацией следует выбирать повышение безопасности за счет извлечения уроков из эксплуатационного опыта.

4. ОБЩИЕ СООБРАЖЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

ВЗАИМОЗАВИСИМОСТЬ

4.1. Между всеми этапами обращения с ВАО, начиная от образования отходов и до их захоронения, существует взаимозависимость. При выборе стратегии и видов деятельности при обращении с ВАО перед их захоронением следует планировать все возможные шаги, с тем чтобы выработать сбалансированный подход в общей программе обращения с отходами и избежать несоответствий между требованиями безопасности и эксплуатационными требованиями. Варианты хранения ВАО следует выбирать так, чтобы обеспечивалась их совместимость с деятельностью по обработке отходов.

4.2. Для облегчения достижения преимущества в действиях следует учитывать взаимозависимость между этапами обращения с ВАО перед их захоронением. Следует, в частности, рассматривать следующие аспекты:

- (a) определение структуры и порядка взаимодействия и разграничение ответственности различных взаимодействующих организаций;
- (b) установление, там где это необходимо, критериев приемлемости и подтверждение соответствия критериям приемлемости посредством процедур контроля или проверки учетной документации.

4.3. Для большинства программ по обращению с ВАО решения относительно обращения с отходами перед их захоронением приходится принимать до разработки окончательных требований приемлемости отходов для захоронения. Решения по обращению с ВАО перед их захоронением следует принимать и реализовывать так, чтобы гарантировалось в конечном счете соответствие требованиям приемлемости отходов для захоронения. В частности, при проектировании упаковок и при подготовке упаковок для захоронения ВАО следует рассматривать пригодность упаковок для транспортирования и хранения, включая возможность перезахоронения, а также их пригодность для размещения в установке для захоронения в соответствии с ожидаемыми требованиями приемлемости отходов. Следует периодически рассматривать пригодность упаковок отходов по мере развития технологии захоронения отходов.

КОНТРОЛЬ ОБРАЗОВАНИЯ ОТХОДОВ

4.4. Образование ВАО в виде жидких ВАО после переработки отработавшего топлива или же в виде самого отработавшего топлива является неизбежным следствием эксплуатации АЭС. В целом активность зависит от типа реактора, глубины выгорания, периода полураспада и требований к технологии переработки.

4.5. Следует должным образом учитывать, что такие технологии обработки, как нейтрализация кислых жидких ВАО при обращении с ВАО перед их захоронением, могут приводить к увеличению объемов и твердой фазы образующихся отходов.

4.6. Следует обеспечивать, чтобы, в частности, принцип минимизации объема отходов до практически достижимых уровней был фактором, учитываемым при выборе подходов к хранению и переработке в целях минимизации образования

вторичных форм ВАО. Примеры этапов обработки, в случае которых следует рассматривать применение этого принципа, включают выбор процессов кондиционирования, а также программу испытаний, проводимую для проверки процессов обработки и кондиционирования. Для процесса кондиционирования, при котором происходит загрязнение таких компонентов, как плавающая печь для остекловывания ВАО, следует использовать оборудование, для которого проведена проверка долговечности. Для оценки процесса кондиционирования следует разрабатывать такую программу, в которой количество испытываемых образцов с реальными ВАО минимизировано.

4.7. Так как сокращение объемов отходов в источнике это наиболее эффективное средство уменьшения образования отходов до минимальных практически достижимых уровней, установки по обращению с ВАО перед их захоронением следует проектировать и эксплуатировать, а работы следует планировать и выполнять таким образом, чтобы минимизировать количество образующихся вторичных отходов. Эффективные методы минимизации количества таких отходов при обращении с ВАО перед их захоронением указаны в [12].

ХАРАКТЕРИЗАЦИЯ ОТХОДОВ

4.8. Необходимо проводить характеристику (определение свойств и характеристик) ВАО на разных стадиях обращения с ними до захоронения, чтобы получить информацию о характеристиках отходов, которая будет использована для контроля качества продукта, контроля технологического процесса и, таким образом, облегчит последующие шаги в процессе безопасной обработки и окончательного захоронения ВАО ([3], пункты 5.4 и 5.14).

4.9. Необходимые данные о характеристиках и методы сбора данных будут различаться в зависимости от формы ВАО (жидкие ВАО, отвержденные ВАО или отработавшее топливо). Характеристику ВАО следует, как правило, проводить на этапах: а) определения операций предварительной обработки для обеспечения безопасного хранения; б) разработки пригодной формы и упаковки отходов; в) разработки соответствующего процесса кондиционирования; г) завершения основных работ по обработке.

4.10. Следует обеспечивать, чтобы характеристика ВАО, как минимум, позволяла получить информацию, указанную в Приложении, в котором перечисляются свойства и характеристики ВАО.

4.11. При обработке потоков жидких ВАО характеристика продуктов может выполняться путем отбора проб и анализа химических, физических и радиологических свойств отходов. Однако во избежание чрезмерного облучения персонала вместо отбора проб или дополнительно к этому допускается применение косвенных методов характеристики, основанных на контроле процесса и информации о самом процессе. Методы характеристики отходов при обработке отходов следует согласовывать в регулирующем органе в рамках процесса выдачи официального разрешения.

4.12. Характеристику отвержденных ВАО следует выполнять посредством отбора проб жидких ВАО и контроля оснащенного средствами измерения, соответствующего процесса с использованием проверенной программы управления процессом. Следует обеспечивать, чтобы в характеристику была включена вся информация о форме отходов и контейнере для отходов, которая требуется для манипулирования, транспортирования, хранения и, насколько это возможно, захоронения отходов. Следует, насколько это возможно, предопределять любые дополнительные требования в отношении данных, характеризующих отходы, которые могут быть выявлены при завершении разработки требований для захоронения. Кроме того, может оказаться необходимым учитывать изменения химической и физической формы отходов во времени в связи с облучением и тепловыделением ВАО, особенно в случае, если захоронение отходов откладывается на значительный срок.

4.13. Следует использовать данные для характеристики отработавшего топлива из отчетной документации по эксплуатации реактора с учетом радиоактивного распада радионуклидов после выгрузки отработавшего топлива. Следует обеспечивать проверку ключевых параметров посредством неразрушающих методов, таких, как измерение нейтронных потоков. Следует учитывать также целостность оболочки твэлов.

КРИТЕРИИ ПРИЕМЛЕМОСТИ

4.14. Следует обеспечивать, чтобы важной целью обращения с ВАО перед их захоронением было получение таких упаковок отходов, которые могут обеспечивать безопасность при выполнении операций манипулирования, перевозки, хранения и захоронения. В частности, ВАО следует кондиционировать с целью обеспечения соблюдения требований приемлемости для захоронения. Для обеспечения достаточной гарантии того, что кондиционированные отходы могут быть приняты для захоронения при возможном отсутствии каких-либо установленных конкретных требований,

следует, насколько это возможно, предусмотреть варианты обращения с ВАО в будущем и связанные с этим требования приемлемости отходов. Выполнения требования приемлемости отходов можно добиться, если использовать наружную упаковку (транспортный пакет), который будет соответствовать конкретным условиям на площадке хранилища и характеристикам ВАО, а также инженерным компонентам установки для захоронения. В Дополнении перечислены типичные свойства и характеристики, которые следует рассматривать для упаковки отходов при обращении с ВАО перед их захоронением. Следует предусматривать также программу обеспечения качества (см. Раздел 8), определяющую свойств упаковок отходов.

4.15. Чтобы гарантировать приемлемость упаковок отходов для захоронения, следует предусматривать программу по разработке процесса кондиционирования, которая подлежит одобрению регулирующим органом. Следует обеспечивать, чтобы параметры, выбранные для характеристики отходов и для контроля процесса, гарантировали наличие необходимых свойств у упаковок для отходов. Перечень выполняемых проверок и соответствующих требований, представляемый оператором, следует использовать в качестве основы для выработки соглашения с оператором установки для захоронения. Если, например, при кондиционировании ВАО используется матричный материал, то следует проводить проверки с целью подтверждения ожидаемого поведения формы отходов в условиях захоронения. Эти проверки включают в себя испытания на выщелачивание, испытания с моделированием радиационного повреждения и испытания на термическую стойкость. Следует рассматривать проведение ускоренных испытаний на выщелачивание для прогнозирования долговечности матрицы. Испытания с моделированием радиационного повреждения следует выполнять для того, чтобы получить информацию об изменениях в форме отходов. Испытания на термическую стойкость следует предусматривать для оценки конечных фазовых переходов, например кристаллизации стекла. В Разделе 8 приводятся руководящие материалы по осуществлению программы обеспечения качества, относящейся к обращению с ВАО перед их захоронением.

КВАЛИФИКАЦИЯ ПЕРСОНАЛА

4.16. Персоналу эксплуатирующей организации следует иметь соответствующую квалификацию для выполнения работ по обращению с ВАО перед их захоронением в соответствии с требованиями регулирующего органа. Персоналу, ответственному за эксплуатацию установок, на которых образуются ВАО и/или осуществляется обращение с ними, следует проходить

обучение по специальной программе, которая будет гарантировать, что данный персонал знает соответствующие технологические процессы и имеет представление о взаимозависимости всех стадий в процессе обращения с отходами, а также о последствиях ошибок оператора с точки зрения обеспечения безопасности и образования отходов. Без таких знаний могут, например, быть подготовлены упаковки отходов, которые не будут удовлетворять критериям приемлемости для последующей обработки, хранения или захоронения или которые могут представлять опасность.

4.17. Персоналу, ответственному за выбор технологических процессов по обращению с ВАО перед их захоронением, также следует иметь соответствующий уровень подготовки и квалификации для выполнения возложенных на него функций. Кроме того, операторам в области обращения с ВАО перед их захоронением следует обеспечивать наличие достаточного числа работников, имеющих соответствующий уровень квалификации и опыт работы для эксплуатации и обслуживания оборудования, процессов и систем по обращению с радиоактивными отходами перед их захоронением и обслуживающих систем. На всех стадиях обращения с радиоактивными отходами перед их захоронением оператору следует обеспечивать, чтобы эксплуатационный, обслуживающий и технический персонал имел представление о природе отходов и о связанных с ними опасностях, соответствующих эксплуатационных процедурах и соответствующих мероприятиях по безопасности, а также о действиях в случае инцидента или аварии.

ОБЛЕГЧЕНИЯ СНЯТИЯ С ЭКСПЛУАТАЦИИ

4.18. Установки по обращению с ВАО перед их захоронением имеют ограниченный полезный жизненный цикл. По окончании этого полезного жизненного цикла заблаговременно до вывода ее из эксплуатации следует выполнять работы по удалению, обработке и кондиционированию оставшихся в установке ВАО. При проектировании установки по обращению с ВАО следует уделять внимание безопасности работ по снятию ее с эксплуатации. Окончательной целью снятия с эксплуатации является частичное или полное освобождение установки от регулирующего контроля. Дальнейшие рекомендации по снятию с эксплуатации приведены в [46].

4.19. Требования по снятию с эксплуатации установок по обращению с радиоактивными отходами перед их захоронением изложены в [3]. Рекомендации по выполнению этих требований для установок по обращению с радиоактивными отходами перед их захоронением, включая установки для

обработки и хранения ВАО, даны в [4]. Ключевые аспекты, которые следует рассматривать при снятии с эксплуатации установок по обращению с ВАО перед их захоронением, согласно определению в [4], включают:

- (a) выбор варианта снятия с эксплуатации, при котором принимаются во внимание радионуклидный состав оставшихся ВАО, тип установки по обращению с ВАО, технические показатели, стоимость, график выполнения работ и административные факторы;
- (b) разработку плана вывода из эксплуатации, в том числе первоначального плана и окончательного плана, в которых учитываются все важные изменения в установке и информация, полученная в процессе эксплуатации установки после подготовки первоначального плана по снятию с эксплуатации;
- (c) определение наиболее важных задач, выполняемых при снятии с эксплуатации; в частности, дезактивация, демонтаж, разборка, снос, контроль и проведение окончательного радиологического обследования;
- (d) административная деятельность, важная для вывода из эксплуатации, такая, как подготовка персонала, организационный контроль, радиологический мониторинг, планирование и контроль обращения с отходами, физическая защита, меры безопасности и обеспечение качества.

4.20. Для облегчения окончательного снятия с эксплуатации установки должным образом следует учитывать как аспекты проектирования, так и аспекты эксплуатации, которые будут влиять на безопасность вывода из эксплуатации (например, применяемые химические или механические процессы). Следует обеспечивать, чтобы учитываемые в проекте соображения в отношении снятия с эксплуатации и меры по снятию с эксплуатации соответствовали ожидаемым опасностям, связанным с установкой.

4.21. Вывод из эксплуатации установок по обращению с ВАО перед их захоронением может приводить к накоплению сильно загрязненных элементов, не поддающихся дезактивации. Для них следует предусматривать меры по хранению, переработке и захоронению. Следует рассматривать применение мер контроля для обеспечения безопасности при проведении работ по дезактивации и выполнения требований по выводу материалов из-под регулирующего контроля.

ПОДГОТОВКА ДОКУМЕНТАЦИИ ПО БЕЗОПАСНОСТИ

4.22. Регулирующий орган требует, чтобы оператор в поддержку заявления на лицензию или официальное разрешение другого типа для установки по обращению с отходами перед их захоронением представлял документацию, обосновывающую безопасность. В документацию по безопасности для такой проработки следует включать:

- (a) описание установки и ее элементов, оборудования и систем;
- (b) характеристики площадки;
- (c) характеристики отходов, с которыми будет осуществляться обращение, и соответствующие критерии приемлемости;
- (d) описание методов манипулирования и обработки, а также получаемая форма отходов;
- (e) временное хранение отходов на различных стадиях их обработки;
- (f) образование вторичных радиоактивных отходов и обращение с ними;
- (g) контроль выбросов;
- (h) организационный контроль эксплуатации;
- (i) оценка безопасности и оценка воздействия на окружающую среду;
- (j) программы мониторинга;
- (k) программы подготовки персонала;
- (l) аспекты, касающиеся применения гарантий в соответствующих случаях, и обеспечение сохранности радиоактивных материалов;
- (m) план аварийной готовности;
- (n) программа обеспечения качества;
- (o) план снятия с эксплуатации.

КОНТРОЛЬ ДОСТУПА

4.23. Контроль за доступом в зоны, где производятся операции по манипулированию, происходит хранение и переработка ВАО, может оказываться необходимым вследствие радиологических и иного рода опасностей, которые эти отходы представляют, или ввиду того, что характер отходов требует применения положений, касающихся гарантий [1921], и физической защиты [22], и поэтому следует рассматривать применение такого контроля.

4.24. Для выполнения эксплуатационных требований, обеспечивающих эффективный контроль доступа, следует предусматривать структурное зонирование с ужесточением процедур по обеспечению безопасности и мер контроля в направлении к внутренним зонам.

4.25. Следует предусматривать средства для надежного и быстрого обнаружения несанкционированного вторжения и для незамедлительного принятия контрмер.

АВАРИЙНАЯ ГОТОВНОСТЬ

4.26. Следует оценивать потенциальное радиологическое воздействие инцидентов и аварий. По результатам оценки следует предусматривать меры, обеспечивающие наличие эффективной способности реагировать на инциденты и аварии. Эти меры могут включать разработку сценариев ожидаемых последовательностей событий и установление процедур действий в случае каждого сценария, включая контрольные списки и перечни лиц и организаций внутри и вне установки, которые будут приводиться в готовность [23]. Следует предпринимать меры для обеспечения того, чтобы необходимые процедуры аварийного реагирования были задокументированы, чтобы документация была доступна для соответствующего персонала и чтобы процедуры и документация обновлялись. Следует оценивать необходимость проведения учений. Если такая необходимость существует, учения следует проводить периодически для проверки плана аварийного реагирования, а также степени готовности персонала. Регулярно следует проводить инспекции для установления наличия необходимого в аварийных ситуациях оборудования и его исправности.

5. ОСОБЕННОСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ОБРАЩЕНИИ С ВАО ПЕРЕД ИХ ЗАХОРОНЕНИЕМ

ОБЩИЕ СООБРАЖЕНИЯ

5.1. Работы по обработке ВАО и соответствующие меры обеспечения их безопасности зависят от исходных характеристик отходов и, в конечном счете, требований приемлемости отходов для захоронения. Например, могут быть определены пределы по радионуклидному составу и тепловыделению, нейтронному потоку, коррозионной стойкости контейнеров, степени выщелачивания для данной формы отходов, механическим и тепловым свойствам, а также содержанию неядерных компонентов. Для обеспечения безопасности следует сначала определить характеристики ВАО.

5.2. Уровни активности ВАО значительно превышают активность большинства других видов радиоактивных отходов. Для того чтобы обеспечить приемлемый уровень защиты, следует применять концепцию глубокоэшелонированной защиты [24] при проектировании и эксплуатации установки по обращению с ВАО перед их захоронением. Использование многоуровневой защиты (т.е. физических барьеров) следует выбирать главной стратегией при обращении с ВАО перед их захоронением. Для реализации этой стратегии в проект установки по обращению с ВАО перед их захоронением следует включать меры (инженерные меры контроля) для поддержания локализуемых систем, отвода тепла радиоактивного распада, контроля газообразных и жидких выбросов и сбросов, и предотвращения возникновения критичности, особенно при концентрировании ВАО для уменьшения их общего объема. Следует также использовать административный контроль как часть концепции глубокоэшелонированной защиты, однако инженерные меры контроля являются предпочтительными.

5.3. Безопасности по критичности следует придавать важное значение при обращении с отработавшим топливом, но гораздо меньшее значение при обращении с другими категориями ВАО. Однако даже в случае жидких ВАО, из которых предположительно выделяющиеся материалы были извлечены, следует всегда учитывать возможность перераспределений выделяющихся материалов, а также возможность возникновения критичности. Это особенно важно, если твердая фаза может скапливаться или выпадать в осадок из жидкости.

ЭЛЕМЕНТЫ ОБРАЩЕНИЯ С ВАО ПЕРЕД ИХ ЗАХОРОНЕНИЕМ

Жидкие ВАО

5.4. После переработки отработавшего топлива ВАО образуются в жидкой форме. Обращение с этими отходами перед их захоронением включает хранение в жидкой форме, перевод в отвержденные формы отходов, упаковывание и хранение упаковок отходов. В пунктах 5.55.17 даны рекомендации по безопасному обращению с жидкими ВАО.

Хранение жидких ВАО

5.5. Рекомендации по проектированию и эксплуатации хранилищ и по выполнению работ, связанных с хранением радиоактивных отходов, разрабатываются и будут опубликованы в Руководстве по безопасности. Рекомендации, касающиеся конкретно хранения жидких ВАО, представлены в пунктах 5.6–5.9.

5.6. В хранилищах жидких ВАО следует осуществлять контроль для обеспечения работоспособности систем, связанных с обеспечением безопасности, таких, как системы вентиляции, охлаждения и контроля уровня жидкости. Следует уделять внимание обеспечению резервирования при мониторинге и индикации измеряемых величин. Кроме того, следует обеспечивать мониторинг ключевых физических и химических параметров отходов (например, температуры и давления, подкритичности и концентраций основных составляющих, степени радиолитического разложения водных растворов и концентраций потенциально огнеопасных или взрывоопасных веществ). Следует также предпринимать меры по поддержанию этих параметров в допустимых эксплуатационных пределах, а также по поддержанию выбросов жидкостей и газов на уровнях, не превышающих нормативные требования.

5.7. Следует предпринимать меры для обеспечения химической совместимости жидких ВАО с химией процессов, используемых для кондиционирования, а также с конструкционными материалами емкостей, трубопроводов и других конструкций и элементов. В дополнение к требованиям, предъявляемым к защитной оболочке, которые изложены в пунктах 5.33 и 5.34, в конструкцию хранилищ жидких ВАО следует включать и другие проектные решения, такие, как двухстеночные трубы и резервуары, защитные дамбы и отстойники для сборников отходов, а также системы активной вентиляции, обеспечивающие направление потока воздуха из мест с меньшим загрязнением в места с более высоким уровнем загрязнения. Следует предусматривать системы сбора и удержания протечек или разливов, такие, как облицовка камер и система отстойников, а также системы рециклирования жидкой фазы. Следует также предусматривать меры для поддержания твердой фазы во взвешенном состоянии, чтобы обеспечить достаточное охлаждение и предотвратить ее накопление на охлаждающих поверхностях.

5.8. Следует обеспечивать защиту от опасных факторов, связанных с хранением жидких ВАО, с применением инженерно-технических мер безопасности, использующих зарезервированные активные или пассивные системы безопасности. В их число следует включать как минимум использование радиационной защиты и защитной оболочки, а также меры для предотвращения неконтролируемого образования взрывчатых газов и превышения температуры и давления путем охлаждения жидких ВАО и удаления вентилированием газов, которые могут появляться.

5.9. Хранилища жидких ВАО следует оборудовать системами удаления отходящих газов, которые имеют соответствующие системы фильтрации для контроля аэрозольных выбросов.

Обработка жидких ВАО

5.10. Обработка радиоактивных отходов включает ряд предварительных операций, например, сбор, разделение, химическая корректировка и дезактивация отходов. Сбор, разделение и химическую корректировку жидких ВАО следует выполнять для того, чтобы облегчить последующую обработку и кондиционирование. В частности, если смешивание различных масс жидких ВАО не представляется целесообразной операцией, следует предусматривать разделение таких масс отходов, исходя из их химических свойств, радиологических свойств (например, нуклидный состав или содержание актинидов), а также тепловых свойств (интенсивности теплообразования).

5.11. Обработка жидких ВАО включает операции, приводящие к существенному изменению их характеристик, а именно выпаривание, ионный обмен, флокуляцию, добавление химических реагентов, осаждение и фильтрацию и кальцинацию. Требования к обработке ВАО зависят от характеристик жидких ВАО, характеристик хранилища (с точки зрения вместимости и химической совместимости между материалом контейнеров и хранимыми материалами) и типа последующего процесса кондиционирования. Обработку следует применять для повышения безопасности путем создания более стабильной формы отходов для хранения или кондиционирования, облегчения процесса кондиционирования или путем удаления нерадиоактивных опасных составляющих.

5.12. Кондиционирование включает перевод жидких ВАО в твердые формы отходов, помещение отвержденных отходов в емкости (обычно называемые контейнерами) и при необходимости помещение контейнеров в наружную упаковку (транспортный пакет) для хранения или захоронения. Отвержденная форма отходов вместе с контейнерами в целом считаются упаковкой отходов; в свою очередь, следует обеспечивать, чтобы эта упаковка отходов имела форму, пригодную для захоронения. Требования к материалам и конструкции контейнеров должны основываться на известных или разрабатываемых требованиях приемлемости для захоронения. Упаковку отходов следует проектировать так, чтобы обеспечивалась безопасность работ при обращении с ними, при их транспортировании и хранении.

5.13. В хранилищах следует предусматривать средства и возможности для обращения (манипулирования) с упаковками отходов (включая формы отходов и контейнеры), которые не соответствуют заданным спецификациям. Например, может потребоваться разделение на хранение несоответствующих спецификациям упаковок ВАО и упаковок, которые требуют проведения восстановительных работ.

5.14. Установки по обработке жидких ВАО следует проектировать так, чтобы обеспечивались адекватное резервирование и достаточная эксплуатационная гибкость. Это может обеспечиваться, например, за счет многофункциональных систем передачи, например, струйных и паровых эжекторов, многоступенчатых систем фильтров и воздуходувок для удаления и очистки отходящих газов, и резервного электроснабжения установки для отверждения жидких ВАО. Такие системы следует проектировать так, чтобы обеспечивалось предотвращение аварий или смягчение их последствий.

Хранение кондиционированных ВАО после переработки

5.15. Состояние упаковок отходов, содержащих кондиционированные отходы, следует поддерживать в соответствии с требованиями приемлемости при хранении, и следует обеспечивать, чтобы на него отрицательно не влияли различные погрузочно-разгрузочные (манипуляционные) операции, включая извлечение. Например, это касается целостности защитных оболочек и температуры. Следует предусматривать средства для контроля состояния упаковок отходов и условий хранения или выполнять технический анализ для оценки состояния упаковок по основным параметрам. Если имеется наружная упаковка (транспортный пакет), то следует обеспечивать, чтобы средства контроля определяли состояние упаковок отходов посредством мониторинга параметров наружной упаковки (транспортного пакета).

5.16. Хранилища кондиционированных отходов следует проектировать и эксплуатировать так, чтобы не допускалось выполнение излишних погрузочно-разгрузочных (манипуляционных) операций в целях предотвращения чрезмерного облучения персонала, а также сохранения целостности упаковок отходов.

5.17. Следует принимать меры для обнаружения любых неисправных упаковок кондиционированных отходов и устранения выявленных неисправностей при их хранении.

Отработавшее топливо

5.18. Некондиционированное отработавшее топливо следует хранить в соответствии с руководством, содержащимся в [79]. В пунктах 5.195.27 даны рекомендации по безопасному обращению с отработавшим топливом при переработке и хранении после кондиционирования.

Обработка отработавшего топлива

5.19. Работы по обработке отработавшего топлива включают его характеризацию и подготовку топлива к кондиционированию и осуществление кондиционирования. В зависимости от выбранного метода захоронения элементы отработавшего топлива могут быть помещены непосредственно в контейнер без какого-либо дальнейшего кондиционирования. В целом кондиционирование включает механические процессы, такие, как разборка топливных элементов до топливных стержней и их упаковка либо целиком, либо порезанными на части в контейнер для захоронения.

5.20. Кондиционирование отработавшего топлива может альтернативно включать растворение отработавшего топлива, иммобилизацию получаемой жидкости в соответствующей матрице или помещение формы отходов в контейнеры. Процессы переработки отработавшего топлива схожи с процессами переработки жидких ВАО, и поэтому те же самые рекомендации могут применяться и в отношении жидких ВАО, при этом дополнительная рекомендация сводится к тому, что особое внимание следует уделять обеспечению безопасности по критичности.

5.21. Следует проводить характеризацию для обеспечения того, чтобы поступающее топливо было подходящим для выбранного процесса кондиционирования. Например, следует предпринимать меры, направленные на выявление поврежденного топлива, и проверку оценок выгорания и теплотворной способности.

5.22. Следует предусматривать меры для контроля опасностей, связанных с летучими радионуклидами, которые могут выйти из отработавшего топлива при уплотнении топливных стержней, особенно если топливные стержни были порезаны.

5.23. Если выбранный способ для отработавшего топлива основывается на топливной оболочке как на защитной оболочке (что не рекомендуется в качестве первичного подхода к локализации), следует предусматривать

средства для сохранения целостности оболочки тепловыделяющих элементов при обработке и хранении, а также для обращения с поврежденными топливными элементами. Особое внимание следует уделять разработке погрузочно-разгрузочных (манипуляционных) операций, а также выбору погрузочно-разгрузочного (манипуляционного) оборудования (см. раздел 2 в [7]) с целью обеспечить сохранение целостности оболочки тепловыделяющих элементов. Кроме того, для первичной локализации радиоактивных материалов следует обеспечивать наличие альтернативных средств, таких, как использование закрытых (герметизированных) контейнеров.

5.24. На установках по переработке отработавшего топлива следует обеспечивать условия подкритичности; для этого следует уделять внимание геометрической конфигурации подвергаемых обработке делящихся материалов, их концентрации, общему инвентарному количеству и присутствию отражателей и замедлителей. Следует тщательно рассмотреть вопрос об учете выгорания топлива для того, чтобы обеспечить консерватизм в обеспечении безопасности по критичности. Следует оценивать последствия событий, приводящих к ненормальной конфигурации топлива, как в эксплуатационных состояниях, так и в аварийных условиях. Справочные материалы [7, 8] содержат рекомендации по проектированию и эксплуатации хранилищ отработавшего топлива.

5.25. Особое внимание следует уделять при проектировании установки по переработке отработавшего топлива последствиям перераспределений или изменений геометрической конфигурации материала замедлителя, введения материала замедлителя или изменений конфигурации нейтронных поглотителей в результате внутренних или внешних исходных событий, таких, как поступление воды. Если в этих условиях подкритичность не может быть обеспечена, следует предусматривать предупредительные меры, такие, как установление эксплуатационных пределов в отношении количества обрабатываемых материалов.

5.26. Следует обеспечивать меры, помогающие выявлять поврежденные упаковки, содержащие отработавшее топливо, и восстанавливать такие поврежденные упаковки. Следует использовать неразрушающие испытания и оценки для определения поврежденных упаковок, а также следует предусматривать методы их восстановления (например, повторное заваривание контейнерного шва, в случае если он не отвечает требованиям).

Хранение кондиционированного отработавшего топлива

5.27. Большинство рекомендаций, представленных в [79], применимо к хранению кондиционированного отработавшего топлива. Кроме того, большая часть рекомендаций, данных выше в отношении кондиционирования отработавшего топлива, также подходит и для хранения кондиционированного отработавшего топлива. Они включают меры по сохранению целостности оболочки тепловыделяющих элементов, если она считается первичной защитной оболочкой радиоактивных материалов, и обеспечению безопасного, подкритичного расположения кондиционированного отработавшего топлива посредством выбора соответствующей геометрической конфигурации и использования нейтронных поглотителей. Следует рассматривать использование альтернативной первичной защитной оболочки в случае обнаружения повреждения оболочки тепловыделяющего элемента. Для предотвращения возникновения потенциально критичных конфигураций следует также предусматривать использование регистраторов нейтронов. Следует предусматривать системы для обнаружения во время хранения неисправных упаковок, содержащих отработавшее топливо, и устранения выявленных неисправностей.

КОНСТРУКЦИЯ УСТАНОВКИ ДЛЯ ОБРАЩЕНИЯ С ВАО ПЕРЕД ИХ ЗАХОРОНЕНИЕМ

5.28. Установку по обращению с ВАО перед их захоронением следует проектировать на определенный расчётный срок службы. Следует обеспечивать, чтобы проект облегчал обслуживание и замену компонентов по мере необходимости с целью ограничения облучения персонала и предотвращения аварий. При проектировании установки для обращения с ВАО перед их захоронением следует рассматривать также следующие факторы, которые могут потенциально влиять на безопасность:

- (a) извлечение из хранилищ ВАО или вторичных отходов, образовавшихся на стадии обращения;
- (b) характеристика ВАО;
- (c) инспекция хранящихся ВАО;
- (d) учет нерадиологических опасностей при обращении с ВАО и вторичными отходами;
- (e) контроль за жидкими и газообразными сбросами и выбросами;
- (f) пожарная защита;

- (g) контроль доступа и контроль перемещений между зонами излучения и/или загрязнения.

5.29. Следует обеспечивать, что любые меры, применяемые на установке в целях выполнения национальных и международных требований [1921] в отношении гарантий и обеспечения сохранности материала [22], не приводили к ухудшению безопасности.

Материал

5.30. Конструкционные материалы, методы изготовления и строительства, а также процедуры проверки следует основывать на сводах положений и нормах, приемлемых для регулирующего органа. Внимание следует уделять возможному воздействию, которое отходы, любые связанные с ними материалы и окружающие условия могут оказать на способность связанных с безопасностью средств установки выполнять предписанные им функции. Процессы и свойства, которые следует учитывать, включают, например, высокотемпературную коррозию материала и эффекты облучения в полях сильного излучения. (См. также Раздел 7 по оценке безопасности.)

5.31. Установки по обращению с ВАО перед их захоронением следует проектировать так, чтобы предотвращалось взаимодействие материалов, которое может нарушить изоляцию отходов или понизить безопасность установки. Учет таких воздействий следует распространять на отвержденные ВАО и контейнеры с ними.

5.32. Обращение с ВАО перед их захоронением может также включать обращение с нерадиоактивными опасными материалами. Выбор материала, а также другие меры следует выполнять так, чтобы обращение с ними соответствовало нормативным требованиям, касающимся обращения с опасными материалами, и чтобы учитывалось потенциальное взаимодействие между радиоактивными и нерадиоактивными компонентами.

Защитная оболочка

5.33. В независимости от типа отходов (жидкие отходы, иммобилизованные отходы или отработавшее топливо) защита может обеспечиваться исключительно контейнером или контейнером с дополнительными системами обеспечения безопасности установки, предназначенными, например, для отвода тепла (активными или пассивными).

5.34. Следует уделять особое внимание конструкции самой упаковки кондиционированных ВАО, при этом следует предусматривать, чтобы она обеспечивала достаточную внешнюю защиту (имела защитную оболочку), а также имела средства для отвода тепла при росте температуры.

Критичность

5.35. Проектирование и эксплуатацию установки по обращению с ВАО перед их захоронением следует выполнять так, чтобы поддерживалась подкритичность как в эксплуатационных состояниях, так и в аварийных условиях посредством обеспечения безопасных геометрических конфигураций, ограничения концентраций и инвентарных количеств делящихся материалов или использования нейтронных поглотителей. При проектировании для обеспечения безопасности по критичности в зависимости от условий, описанных выше, следует выбирать соответствующий предельный коэффициент размножения нейтронов, коэффициент запаса по массе, концентрации, а также другие характеристики. Следует учитывать дополнительные организационные и административные меры, которые могут потребоваться для обеспечения условий подкритичности.

Отвод тепла

5.36. В проект установки по обращению с ВАО перед их захоронением следует включать системы (например, систему мониторинга и контроля температуры), способные поддерживать температуру ВАО в допустимых пределах на всех этапах обращения с ВАО перед их захоронением как при нормальной эксплуатации, так и в аварийных условиях. Такие температурные пределы следует устанавливать на основе свойств отходов и упаковок отходов, при этом следует учитывать свойства материалов контейнера, конструкции внешней защиты (защитной оболочки) и формы отходов на всех этапах обращения с отходами, включая их хранение.

5.37. В той степени, в какой это практически достижимо, системы охлаждения хранилищ кондиционированных ВАО следует делать пассивными, требующими минимального технического обслуживания. Если используется принудительная циркуляция охладителя, то следует обеспечивать, чтобы система была максимально надежной. Примерами способов повышения надежности системы охлаждения являются средства, предотвращающие осаждение твердых частиц и их накопление на поверхности, которое влияет на эффективность отвода тепла. Само хранилище следует проектировать так, чтобы оно выдерживало временную потерю охлаждения без ущерба для

хранящихся отходов. Кроме того, следует предусматривать наличие средств смягчения последствий в случае таких непредвиденных обстоятельств.

Радиационная защита

5.38. Вследствие высоких полей излучения и высоких активностей при обращении с ВАО перед их захоронением дозы облучения следует ограничивать по принципу ALARA посредством использования средств дистанционного манипулирования при эксплуатации и техническом обслуживании, а также посредством введения пределов по активности и мощности дозы облучения для предметов, которые извлекаются из сильно загрязненных или радиоактивных зон в менее загрязненные или радиоактивные зоны [13]. Если предполагается проведение операций технического обслуживания вручную, следует предусматривать соответствующие защитные меры, например, посредством проведения дезактивации оборудования и использования временных или постоянных защитных экранов.

ЭКСПЛУАТАЦИЯ УСТАНОВКИ ДЛЯ ОБРАЩЕНИЯ С ВАО ПЕРЕД ИХ ЗАХОРОНЕНИЕМ

5.39. Эксплуатацию установки по обращению с ВАО перед их захоронением следует осуществлять в соответствии с установленными правилами и процедурами. Следует обеспечивать, чтобы эти правила и процедуры разрабатывались эксплуатирующей организацией и рассматривались и утверждались регулирующим органом.

5.40. Переработку и хранение ВАО перед их захоронением следует осуществлять так, чтобы предотвращались утечки радионуклидов и нарушение целостности защитной оболочки. Следует предусматривать планы действий в чрезвычайных ситуациях, учитывающие возможность возникновения утечки радионуклидов или нарушения целостности защитной оболочки.

5.41. Предусмотренные проектом средства для обеспечения подкритичности следует дополнять эксплуатационной практикой, административными мерами и подготовкой соответствующего персонала. Следует предусматривать средства для предотвращения непреднамеренного введения материала, который может вызвать критичность. В случае изменения схемы эксплуатации при обращении с ВАО следует заблаговременно убедиться в том, что не может произойти ни одно событие, которое могло бы привести к достижению критичности.

5.42. Регулирующему органу следует предусмотреть средства для проверки установленных оператором свойств отходов.

5.43. Оператору установки по обращению с ВАО перед их захоронением следует предусматривать адекватные меры по обеспечению радиационной защиты, такие, как:

- (a) перспективное планирование работ по техническому обслуживанию, включая меры по радиационной защите;
- (b) обеспечение оборудованием для мониторинга и контроля загрязнений, облучения персонала и населения, а также выбросов в окружающую среду.

ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ

5.44. Оператору следует устанавливать требования и санкции для обеспечения безопасности транспортирования в пределах площадки. При разработке порядка действий на площадке в аварийной обстановке оператору следует надлежащим образом учитывать сценарии развития событий, в которых аварии могут приводить к облучению персонала.

5.45. ВАО следует соответствующим образом упаковывать и помещать в контейнер для перевозки автомобильным, железнодорожным, воздушным или морским транспортом в соответствии с национальными юридически закрепленными требованиями. Такие национальные юридически закрепленные требования следует устанавливать на основе требований, содержащихся в [10] или в международных соглашениях.

6. УЧЕТНАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ И ОТЧЕТНОСТЬ

ВЕДЕНИЕ УЧЕТНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

6.1. Оператору установки следует обеспечивать применение процедуры ведения надлежащей документации и учета в соответствии с программой обеспечения качества. Рекомендации по контролю документации и ведению учета приведены в Руководстве по безопасности Q3 [25]. Объем и детальность

ведения учета зависят от опасности и/или сложности данной операции, и их следует согласовывать с регулирующим органом.

6.2. Учетные документы имеют различные периоды пригодности. Требования, предъявляемые к учетной документации в отношении установок по обращению с отходами, собственно отходов и соответствия критериям приемлемости для захоронения отходов, предусматривают, что такую документацию необходимо сохранять в течение срока, устанавливаемого регулирующим органом ([3], пункты 3.9 и 3.12). В учетные документы следует включать:

- (a) данные, требуемые для национального реестра отходов;
- (b) данные, необходимые для характеристики отходов;
- (c) учетную документацию по результатам контроля процесса обработки, упаковки и кондиционирования;
- (d) документацию по закупке контейнеров, необходимых для обеспечения локализации радиоактивности в течение определенного срока (например, в хранилище);
- (e) технические требования к упаковкам отходов и документация по проверке отдельных контейнеров и упаковок;
- (f) данные о тенденциях в изменении эксплуатационных характеристик;
- (g) данные о несоответствии техническим характеристикам (спецификациям) на упаковки отходов и предпринятые действия для их устранения;
- (h) данные мониторинга;
- (i) результаты оценки безопасности;
- (j) письменные эксплуатационные процедуры (регламенты);
- (k) любые дополнительные данные, требуемые регулирующим органом.

6.3. В данные по характеристике отходов следует включать относящуюся к отходам информацию, указывающую:

- (a) источник или происхождение отходов;
- (b) физическую и химическую форму;
- (c) количество (объем и/или массу);
- (d) радиологические характеристики (концентрацию активности, суммарную активность, радионуклидный состав и их количественное соотношение);
- (e) классификацию в соответствии с национальной системой классификации отходов;
- (f) любые химические, патогенные или другие опасности, связанные с отходами и концентрациями опасных материалов;

- (g) особые способы манипулирования, применение которых необходимо ввиду соображений, связанных с критичностью, необходимости отвода теплоты радиоактивного распада или значительных уровней радиационного излучения.

ОТЧЕТНОСТЬ

6.4. Оператору установки следует в соответствии с установленным графиком периодически предоставлять отчеты регулирующему органу относительно выполнения условий официального разрешения. В текущие отчеты следует включать информацию об операциях по обращению с отходами, выполненных в течение отчетного периода, и о ситуации на момент предоставления отчета. В общем случае в отчет следует включать краткое описание по следующим вопросам:

- (a) жидкие ВАО или полученное обработавшее топливо либо внешнего происхождения, либо образовавшиеся непосредственно на установке, включая вторичные отходы от обработки первичных отходов и отходы, образующиеся в результате технического обслуживания или вывода из эксплуатации любых конструкций, систем или элементов установки;
- (b) обработка отходов, в том числе сведения о применяемом процессе обработки;
- (c) любые отходы, выделяющиеся в процессе перемещения отходов;
- (d) сбросы и выбросы;
- (e) материалы, освобожденные от регулирующего контроля;
- (f) перечень и изменения, произошедшие за несколько лет в этом перечне поступивших, переработанных, хранящихся и переданных на установку жидких ВАО и обработавшего топлива, а также тенденции в характеристиках безопасности;
- (g) оценки воздействия установки применительно к облучению персонала и населения;
- (h) несоответствие критериям приемлемости отходов или другим требованиям.

6.5. Оператору установки следует соблюдать требование о незамедлительном представлении регулирующему органу информации о любых инцидентах или авариях, либо сообщать об обнаружении какой бы то ни было информации, которая ставит под сомнение аспекты безопасности установки или основания для выдачи официального разрешения. Следует также сообщать регулирующему органу информацию о несоответствии критериям приемлемости

отходов или о действиях, предпринятых либо предложенных для улучшения ситуации.

7. ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ

7.1. Для установок и деятельности по обращению с ВАО перед их захоронением, включая вывод из эксплуатации, необходимо выполнять оценку безопасности с целью подтверждения того, что основы безопасности являются адекватными и, в частности, что такие установки и виды деятельности отвечают требованиям безопасности, установленным регулирующим органом ([3], пункт 5.3). Следует обеспечивать, чтобы оценка безопасности подтверждала также, что упаковки ВАО будут в достаточной мере удерживать отходы при нормальной эксплуатации, а также при постулируемых инцидентах и авариях.

7.2. Оценка безопасности необходимо выполнять перед сооружением и эксплуатацией установки по обращению с ВАО до их захоронения для того, чтобы подтвердить, что установка будет обеспечивать достаточную безопасность персонала и населения при нормальной эксплуатации и при постулируемых инцидентах и авариях ([3], пункт 5.3). Следует проводить также оценку воздействия на окружающую среду, если это требуется национальным законодательством, для подтверждения того, что ожидаемое воздействие на окружающую среду при строительстве, эксплуатации и выводе из эксплуатации установки соответствует нормативным документам, утвержденным национальным регулирующим органом. Может потребоваться проведение на основе полученного эксплуатационного опыта повторной оценки ожидаемого воздействия при снятии с эксплуатации и проведение оценки безопасности.

7.3. Требования к регулирующему органу в отношении рассмотрения и утверждения оценок безопасности, подготовленных оператором для установок по обращению с ВАО перед их захоронением, установлены в [2]. Информация по оценке безопасности хранилищ некондиционированного отработавшего топлива представлена в [9]. Рекомендации по содержанию документации по оценке безопасности установок обращения с ВАО перед их захоронением разрабатываются.

7.4. В оценку безопасности установки по обращению с ВАО перед их захоронением следует, как минимум, включать следующее:

- (a) подробное описание соответствующих критериев безопасности;
- (b) методы идентификации, сбора и оценки данных и информации;
- (c) спецификацию нормальных и ненормальных условий эксплуатации;
- (d) определение потенциальных последствий нормальной эксплуатации и нештатных ситуаций;
- (e) оценку потенциальных последствий нормальной эксплуатации и нештатных ситуаций на основе критериев безопасности.

7.5. Вследствие специфики опасностей, связанных с ВАО, как минимум, следует получить и проанализировать следующую информацию, необходимую для проведения оценки безопасности установки по обращению с ВАО перед их захоронением:

- (a) подробные данные о конструкции установки, включая описание предприятия, оборудования и работ по обращению с ВАО, а также пассивных и активных систем безопасности (например, средств для предотвращения непредвиденных химических реакций или критичности, а также для предотвращения условий, которые могут приводить к взрывам или пожарам);
- (b) данные о физических и химических свойствах ВАО, таких, как объемы, радионуклидный состав и нерадиоактивные компоненты, на всех этапах обработки;
- (c) возможные изменения состава ВАО;
- (d) данные по выбранной площадке, которые необходимы для оценки возможных воздействий факторов окружающей среды, которые следует учитывать при проектировании и эксплуатации установки;
- (e) данные по эксплуатационным диапазонам или пределам, необходимым для установления пределов безопасности и условий эксплуатации.

7.6. Условия, процессы и события, влияющие на целостность и безопасность установки, могут рассматриваться как происходящие либо вне установки, либо в пределах установки. Внешние события, происходящие за пределами установки, в большой степени зависят от характеристик площадки, и их следует определять в зависимости от конкретных условий на площадке. В Приложениях II и III дана вспомогательная информация, помогающая определить перечень таких событий.

7.7. Факторы, влияющие на безопасность, которые возникают в пределах установки, в значительной степени зависят от характерных особенностей установки, а также от процессов и видов деятельности, осуществляемых в пределах установки, и их следует определять для каждой конкретной установки. Приложение IV содержит вспомогательную информацию для идентификации таких процессов.

7.8. Процесс, который следует использовать для выявления нормальных и ненормальных условий эксплуатации, включая возможные аварии, следует согласовывать с регулирующим органом. Следует получать информацию по следующим характеристикам, влияющим на безопасность установки по обращению с ВАО перед их захоронением: а) характер и степень тяжести воздействия на персонал и радиологических последствий для окружающей среды (например, в результате выбросов при обработке отходов, технического обслуживания и работ по выводу из эксплуатации); б) организационные мероприятия для обеспечения безопасности (например, цели оператора, определяющие обеспечение безопасности, охрану здоровья людей и окружающей среды, организация оператором структуры обеспечения безопасности); и с) программа оператора по обеспечению качества.

7.9. Следует обеспечивать, чтобы оценка безопасности применительно к отклонениям от условий нормальной эксплуатации охватывала ожидаемые при эксплуатации события и аварийные условия. Потенциальные отклонения от условий нормальной эксплуатации (ожидаемые эксплуатационные события), важные для установок по обращению с ВАО, включают получение отходов с содержанием или концентрацией радионуклидов, превышающими ожидаемые; изменение в конфигурации установки в результате проведения работ по техническому обслуживанию или в условиях останова, а также вследствие воздействия высоких температур, характерных для процесса кондиционирования при переработке ВАО.

8. ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА

8.1. Необходимо, чтобы программа обеспечения качества при обращении с ВАО перед их захоронением разрабатывалась и внедрялась оператором соответствующей установки в соответствии с требованиями и рекомендациями по обеспечению качества, содержащимися в [25], и требованиями регули-

рующего органа ([3], пункт 3.12). Целью такой программы является обеспечение того, чтобы:

- (a) установки и оборудование для обращения с ВАО перед их захоронением проектировались, сооружались, вводились в эксплуатацию, эксплуатировались и выводились из эксплуатации в соответствии с техническими спецификациями и требованиями эксплуатационной безопасности;
- (b) этапы обращения с отходами перед их захоронением от образования отходов до их кондиционирования облегчали выполнение существующих или ожидаемых требований по хранению или захоронению отходов;
- (c) выполнялись нормативные требования и условия выдачи официальных разрешений.

8.2. В программу обеспечения качества следует включать организационные аспекты, в том числе планирование деятельности, график выполнения работ и используемые ресурсы. Эти вопросы следует документально отражать в плане (или описании) программы обеспечения качества, а результаты деятельности следует регистрировать. В плане следует четко определять ответственность и полномочия соответствующих сотрудников и организаций. Такой план следует представлять на утверждение в регулирующий орган.

8.3. Системы и элементы, связанные с безопасностью, следует эксплуатировать в соответствии с их важностью для безопасной эксплуатации установок по обращению с ВАО перед их захоронением. Следует обеспечивать, чтобы степень обеспечения качества применительно к проектированию, производству, сооружению и эксплуатации таких систем и элементов соответствовала их важности с точки зрения безопасности.

8.4. Следует обеспечивать, чтобы упаковки отходов подготавливались в соответствии с требованиями приемлемости отходов при их поступлении на установку для хранения или захоронения. Следует не допускать несоответствия упаковок отходов, особенно в случае тех видов деятельности, которые могут привести к необратимому несоответствию или ненадлежащему исполнению. Последнее может быть достигнуто за счет программы обеспечения качества, включая применение процедур по:

- (a) характеристики ВАО;
- (b) разработке технических требований для упаковок ВАО;
- (c) утверждению процесса кондиционирования ВАО;
- (d) подтверждению характеристик упаковок ВАО;
- (e) проверке документации по контролю качества.

8.5. В случае ВАО, образовавшихся вследствие переработки отработавшего топлива, следует осуществлять программу характеризации с целью оценки приемлемости предварительно обработанных и/или подготовленных ВАО для выбранного процесса кондиционирования, а также оптимизации состава отвержденных отходов (т.е. формы отходов). Следует определять базовый состав форм отходов (с соответствующими допустимыми уровнями), включая характеристики, которые следует проверять. Следует оценивать отклонения от базового состава или от программы характеризации для того, чтобы определить их возможное влияние на качество упаковок отходов. Следует оценивать возможные отклонения, и, если они не влияют на безопасность упаковок отходов и их приемлемость на установке для хранения или захоронения, приемка упаковок отходов может считаться целесообразной.

8.6. В спецификациях на упаковки ВАО следует определять требования приемлемости отходов для манипулирования, транспортирования, хранения и, насколько это возможно, захоронения. Оператору следует разрабатывать процесс кондиционирования, в результате которого будет обеспечиваться получение упаковок, соответствующих заданным спецификациям. В этот процесс следует включать определение контролируемых параметров и их значений, что необходимо для обеспечения получения упаковок в соответствии со спецификациями.

8.7. В спецификацию ВАО следует включать:

- (a) В случае жидких ВАО: характеристики и свойства отходов перед их кондиционированием; и характеристики, свойства и предельные значения параметров для кондиционированных отходов (т.е. форма отходов и любой контейнер).
- (b) В случае отработавшего топлива: характеристики, свойства и предельные значения параметров для поступающего отработавшего топлива и для кондиционированного отработавшего топлива (т.е. отработавшего топлива в соответствующей форме и любом соответствующем контейнере).

8.8. Документацию по качеству следует вести и сохранять для каждой упаковки кондиционированных ВАО. Эти документы следует проверять на соответствие спецификациям с целью определения приемлемости упаковок отходов. Следует составлять отчет о результатах проверки и сохранять его в течение определенного срока, установленного регулирующим органом. В случае, если упаковки отходов не соответствуют спецификациям или требованиям в отношении приемлемости отходов, характер несоответствия

следует документировать, как и любые принятые решения в отношении корректирующих мероприятий. Оператору следует разрабатывать план по устранению несоответствий до начала операций по кондиционированию ВАО.

8.9. При переработке и хранении отработавшего топлива может оказаться невозможным или нецелесообразным производить отбор образцов ВАО. Однако учетная документация на всех стадиях обращения с ВАО перед их захоронением может быть важна для подтверждения соответствия упаковок отходов спецификациям. Следует обеспечивать, чтобы такая учетная документация обеспечивала возможность контролировать характеристики отходов от их сбора до обработки и хранения. Следует разрабатывать систему ведения документации, содержащую такие учетные документы. Примерное содержание учетных документов по контролю качества упаковок отходов включает:

- (a) информацию по характеристикам образующихся отходов;
- (b) значения ключевых параметров процессов предварительной обработки, переработки и кондиционирования ВАО;
- (c) протоколы проверок и калибровок оборудования и систем контроля технологических процессов;
- (d) характеризацию формы отходов и соответствующих контейнеров (например, сертификаты на материалы для контейнеров, его крышек, сварных швов или заглушек, в том числе тесты по контролю качества и соответствующую документацию);
- (e) величины значимых контролируемых параметров;
- (f) маркировку упаковок отходов и места их расположения в хранилище.

Такие данные могут предоставляться для каждой упаковки отходов или для всей партии упаковок, полученных в результате одного и того же процесса.

8.10. В случае отсутствия установки для переработки или кондиционирования может требоваться хранение ВАО в течение длительных сроков. Также может потребоваться длительное хранение до операции захоронения, если отсутствует площадка для захоронения ВАО, или требуется время для снижения тепловыделения отходов. В таких случаях программу обеспечения качества следует разрабатывать так, чтобы обеспечивалось сохранение качества и целостности конечных продуктов, а также так, чтобы качество учетных документов, маркировки и этикеток упаковок отходов было достаточным для получения, ввода и сохранения такой информации.

8.11. Следует разрабатывать программу проверок, которая включает положения по проведению внутренних и независимых оценок (проверок).

Такие проверки следует проводить для того, чтобы определить, удовлетворяют ли программа и планы по обращению с ВАО перед их захоронением действующим требованиям, и подтвердить, что разработаны все необходимые регламенты (процедуры) для соответствующих видов деятельности и что программа осуществляется должным образом. Проверки процесса следует проводить с целью контроля того, что процесс обращения с отходами ведется в пределах установленных параметров, в соответствии с регламентами безопасной эксплуатации и требованиями, установленными регулирующим органом в лицензии или официальном разрешении иного типа.

8.12. При проведении проверок процесса особое внимание следует уделять обеспечению того, чтобы:

- (a) параметры, определяющие процесс, не претерпевали неблагоприятных изменений по сравнению со значениями, которые были установлены на момент проведения первоначальной оценки безопасности;
- (b) выполнялись требуемые инспекционные проверки и измерения, а записи сохранялись;
- (c) сохранялась возможность контроля при передаче и хранении отходов;
- (d) характеристики измерительных приборов, используемых для мониторинга и контроля обработки отходов, не ухудшились при обслуживании или не изменялись без разрешения, а повторная калибровка приборов проводилась в должные сроки в соответствии с надлежащими спецификациями или другими требованиями;
- (e) значения всех важных параметров упаковок отходов поддерживались в установленных пределах;
- (f) установка эксплуатировалась в рамках допущений, принятых при проведении оценки безопасности;
- (g) использовались только такие контейнеры, которые по результатам тестирования признаны пригодными для соответствующей цели и отвечают исходным техническим требованиям в отношении тестируемых параметров в соответствии с требованиями действующих нормативных документов или рекомендациями соответствующих руководств;
- (h) имелась удовлетворительная программа подготовки персонала, обеспечивающая знания требований безопасности и контроля процесса.

8.13. Проверки продукта включают исследование, как правило, неразрушающими методами формы отходов, контейнеров для отходов или упаковок отходов. Такие проверки следует проводить в случаях, когда проверяющая организация считает это необходимым. Дополнительные проверки могут

выполняться оператором хранилища с целью оценки соблюдения требований, предъявляемых к захоронению.

8.14. Для необходимого подтверждения свойств и характеристик, важных для безопасности, следует проводить научно-исследовательские работы по обращению с ВАО перед их захоронением.

Дополнение

ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА И ХАРАКТЕРИСТИКИ ВАО

Основные (ключевые) свойства и характеристики ВАО представлены в таблице I для некондиционированного топлива, кондиционированного топлива, жидких ВАО и кондиционированных ВАО после переработки отработавшего топлива.

ТАБЛИЦА I. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА И ХАРАКТЕРИСТИКИ ВАО

Свойства и характеристики	Некондиционированное топливо	Кондиционированное топливо	Жидкие ВАО от переработки	Кондиционированные ВАО от переработки
<p><i>Данные по топливу:</i> тип, история изменения энергосодержания, начальное содержание делящихся элементов, выгорание и время выдержки</p> <p><i>Активность:</i> β и активность радионуклидов в основных источниках активности</p> <p><i>Безопасность по критичности:</i> геометрическая конфигурация, концентрация и инвентарное количество делящегося материала (например, ^{235}U, ^{239}Pu, ^{241}Pu), присутствие поглотителей нейтронов и подтверждение отсутствия критичности</p> <p><i>Мощность дозы:</i> мощность дозы нейтронного и γ-излучения на поверхности и на расстоянии 1 м</p> <p><i>Поверхностное радиоактивное загрязнение:</i> уровни загрязнения β и α излучающими радионуклидами</p> <p><i>Тепловые свойства:</i> тепловая мощность, теплопроводность и предполагаемые максимальные температуры ВАО (с учетом и без учета охлаждения техническими системами)</p> <p><i>Химические свойства:</i> pH, основные химические соединения, токсические вещества и коррозионные вещества</p> <p><i>Физические свойства:</i> вязкость и плотность</p>	Только плотность	Только плотность	Вязкость при заливке стекла	Вязкость при заливке стекла

ТАБЛИЦА I. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА И ХАРАКТЕРИСТИКИ ВАО

Качество контейнера: спецификация материала, сухой вес, размеры, коррозионная стойкость, качество сварного шва, сертификаты на материал от изготовителя; документация по обеспечению качества при кондиционировании; совместимость с формой отходов

Штабелирование и транспортно-технологические работы: количество упаковок, которые могут быть уложены в штабелю без деформации, результаты испытаний на падение упаковок и требований по подъему упаковок (например, подъемные приспособления)

Маркировка упаковок: однозначная долговременная идентификация

Качество матричного материала: сертификация и документация по обеспечению качества для матричного материала

Возможно для промежуточных форм отходов (например, кальцинированных)

Массовые доли формы отходов: доли отходов, материалов фиксации и добавок (должны быть в установленных пределах)

Стабильность упаковок ВАО: коррозия и/или выщелачивание в соответствующих атмосферных условиях или водных растворах, данные о долговременной коррозии и экстраполяция данных, влияние площади поверхности и растворимости радионуклидов в соответствующих водных растворах

Гомогенность формы отходов: разумно достижимая гомогенность и распределение радионуклидов

СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

- [1] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Принципы обращения с радиоактивными отходами, Серия изданий по безопасности, № 111F, МАГАТЭ, Вена (1996).
- [2] 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 (2000).
- [3] 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).
- [4] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Decommissioning of Nuclear Fuel Cycle Facilities, Safety Standards Series No. WS-G-2.4, IAEA, Vienna (2001).
- [5] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Снятие с эксплуатации блоков атомных электростанций и исследовательских реакторов, Серия норм безопасности, № WS-G-2.1, МАГАТЭ, Вена (2002).
- [6] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Decommissioning of Medical, Industrial and Research Facilities, Safety Standards Series No. WS-G-2.2, IAEA, Vienna (1999).
- [7] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Design of Spent Fuel Storage Facilities, Safety Series No. 116, IAEA, Vienna (1995).
- [8] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Operation of Spent Fuel Storage Facilities, Safety Series No. 117, IAEA, Vienna (1995).
- [9] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Safety Assessment for Spent Fuel Storage Facilities, Safety Series No. 118, IAEA, Vienna (1995).
- [10] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material (1996 Edition (Revised)), Safety Standards Series No. TS-R-1 (ST-1, Revised), IAEA, Vienna (2000). МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Правила безопасной перевозки радиоактивных материалов (издание 1996 года), Серия норм безопасности, № ST-1, МАГАТЭ, Вена (1998).
- [11] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Advisory Material for the IAEA Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material, Safety Standards Series No. TS-G-1.1 (ST-2), IAEA, Vienna (2002).
- [12] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Обращение с радиоактивными отходами низкого и среднего уровня активности перед их захоронением, Серия норм безопасности, № WS-G-2.5, МАГАТЭ, Вена (2005).

- [13] АГЕНТСТВО ПО ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГИИ ОРГАНИЗАЦИИ ЭКОНОМИЧЕСКОГО СОТРУДНИЧЕСТВА И РАЗВИТИЯ, ВСЕМИРНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ, МЕЖДУНАРОДНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ТРУДА, МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, ПАНАМЕРИКАНСКАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ, ПРОДОВОЛЬСТВЕННАЯ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ОБЪЕДИНЕННЫХ НАЦИЙ, Международные основные нормы безопасности для защиты от ионизирующих излучений и безопасного обращения с источниками излучения, Серия изданий по безопасности, № 115, МАГАТЭ, Вена (1997).
- [14] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Regulatory Control of Radioactive Discharges to the Environment, Safety Standards Series No. WS-G-2.3, IAEA, Vienna (2000).
- [15] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Культура безопасности, Серия изданий по безопасности, № 75-INSAG-4, МАГАТЭ, Вена (1991).
- [16] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, "Рассмотрение и оценка, проводимые регулирующим органом для ядерных установок", Серия норм безопасности No. GS-G-1.2, МАГАТЭ, Вена (2002).
- [17] [МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Документация, предназначенная для использования при регулировании ядерных установок, Серия норм безопасности, № GS-G-1.4, МАГАТЭ, Вена (2004).
- [18] Объединенная конвенция о безопасности обращения с отработавшим топливом и о безопасности обращения с радиоактивными отходами, INFCIRC/546, МАГАТЭ, Вена (1997)
- [19] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Система гарантий Агентства (1965 года, расширенная в предварительном порядке в 1966 и 1968 годах), INFCIRC/66/Rev.2, МАГАТЭ, Вена (1968).
- [20] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Структура и содержание соглашений между Агентством и государствами, требуемых в связи с Договором о нераспространении ядерного оружия (INFCIRC/153 (Corrected)), МАГАТЭ, Вена (1972).
- [21] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Типовой дополнительный протокол к Соглашению(ям) между государством(ами) и Международным агентством по атомной энергии о применении гарантий, INFCIRC/540, МАГАТЭ, Вена (1997).
- [22] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Физическая защита ядерного материала и ядерных установок, INFCIRC/225/Rev.4 (Corrected), МАГАТЭ, Вена (1999).

- [23] FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, INTERNATIONAL LABOUR ORGANIZATION, OECD NUCLEAR ENERGY AGENCY, PAN AMERICAN HEALTH ORGANIZATION, UNITED NATIONS OFFICE FOR THE COORDINATION OF HUMANITARIAN AFFAIRS, WORLD HEALTH ORGANIZATION, Preparedness and Response for a Nuclear or Radiological Emergency, Safety Standards Series No. GS-R-2, IAEA, Vienna (2002).
- [24] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Глубокоэшелонированная защита в ядерной безопасности, INSAG-10, МАГАТЭ, Вена (1998).
- [25] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Обеспечение качества для безопасности атомных электростанций и других ядерных установок, Свод положений и руководства по безопасности, Q1-Q14, Серия изданий по безопасности, № 50-C/SG-Q, МАГАТЭ, Вена (1998).

Приложение I

ПРАКТИЧЕСКИЕ ЭТАПЫ ОБРАЩЕНИЯ С ВАО ПЕРЕД ИХ ЗАХОРОНЕНИЕМ

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

I-1. ВАО характеризуются концентрацией радионуклидов, тепловой мощностью и содержанием долгоживущих отходов. ВАО образуются из отработавшего топлива ядерных реакторов. Существуют две основных стратегии обращения с отработавшим топливом: а) переработка и б) непосредственное захоронение. Отсрочка принятия окончательного решения относительно выбора той или иной стратегии приводит к необходимости хранения отработавшего топлива до окончания процесса рассмотрения альтернатив.

I-2. Выбор стратегии обращения с отработавшим топливом является комплексной проблемой в любом государстве, и существует множество ограничений, влияющих на окончательное решение. Хранение является первым шагом в любой стратегии обращения с ВАО, а для каждого технического подхода конечным этапом является захоронение.

I-3. При переработке отработавшее топливо растворяют в растворе кислоты, при этом плутоний и уран выделяют из раствора на установке для химического разделения. ВАО после переработки это оставшийся раствор, полученный в первом цикле экстракции растворителями, и они содержат большинство продуктов деления, следы плутония и урана, другие актиниды, присутствующие в топливе, а также продукты активации и коррозии (в зависимости от топлива и процесса переработки).

I-4. Если отработавшее топливо объявлено как отходы, то оно будет представлять собой отвержденные ВАО, однако будет также содержать в топливных стержнях некоторые летучие продукты деления. Удельная активность отработавшего топлива очень велика. Удельная активность и содержание актинидов будут зависеть от свойств свежего топлива, глубины выгорания и времени выдержки. Оболочка и конструкционные материалы отработавшего топлива могут также считаться ВАО.

ЖИДКИЕ ВАО

I–5. Наиболее распространенный метод переработки отработавшего топлива это растворение топлива в растворе кислоты и выделение плутония и урана из этого раствора. Оставшиеся отходы, которые содержат почти все продукты деления и актиниды за исключением плутония и урана, собирают в резервуары, в которых производят сокращение объемов и концентрирование, а также отбор проб. Безопасность операций на данном этапе имеет огромное значение, учитывая высокую активность и интенсивность тепловыделения отходов, а также возможность возникновения критичности. Еще на установке по переработке жидкие ВАО предварительно обрабатывают до того, как переместить в более крупные резервуары-хранилища. Такая предварительная обработка включает удаление органических растворителей (обычно трибутилфосфата), что необходимо делать для предотвращения образования взрывоопасных смесей, влияющих на безопасность. На данном этапе также используют химические добавки, с тем чтобы уменьшить вероятность взрыва. Кроме того, определенные изотопы (например, ртуть и технеций) также могут удаляться для улучшения качества матрицы кондиционированных отходов.

I–6. Возможны дальнейшая обработка ВАО и смешение в основном резервуаре-хранилище. Такая обработка включает возможное добавление жидких кислых отходов из других источников, имеющихся в цикле переработки, и дальнейшее сокращение объема путем выпаривания. Такое концентрирование ограничено тепловым выходом ВАО, которое, в свою очередь, зависит от выгорания и времени выдержки топлива, из которого были получены отходы.

I–7. При хранении жидкие ВАО охлаждают и перемешивают (чтобы поддерживать твердые частицы во взвешенном состоянии), таким образом предотвращая накопление делящихся материалов и уменьшая изменение состава внутри резервуара. Перемешивание также способствует выходу вовлеченного газа, таким образом предотвращая накопление смесей взрывчатых газов, если вентилирование также обеспечено.

I–8. Далее отходы кондиционируют; для этого был разработан ряд типовых форм отходов (например, стекло, стеклокерамика, кристаллическая керамика (синрок) и суперкальцинат и специальная керамика). Эти процессы находятся на различных стадиях разработки; производство боросиликатного стекла в ряде стран осуществляется в промышленных масштабах.

I–9. Остекловывание жидких ВАО может включать денитрацию раствора и сушку, кальцинацию и остекловывание отходов. Остекловывание происходит при высокой температуре (свыше 1000°C), что требует специальных мер для предотвращения аварий. В случае керамических матриц необходимо высокое давление, что требует специальных мер для обеспечения безопасности.

I–10. Отвержденные отходы упаковываются либо посредством заливки стекла, либо упаковкой керамикой. Упаковка затем остывает в естественных условиях, обычно около 24 ч, до помещения в контейнер. Чтобы уменьшить вероятность разрушения матрицы, важно избегать чрезмерных тепловых нагрузок на данном этапе. Кроме того, для стекла также важно, чтобы матрица не охлаждалась слишком медленно, так как это может вызвать рост кристаллов, что уменьшит прочность матрицы в условиях хранилища, куда могут попасть подземные воды.

I–11. Затем контейнер закрывается, обычно сваркой. Так как сварка происходит в полях высоких излучений, проверка качества сварки классическими методами (рентгенография или цветная дефектоскопия) не возможна. Поэтому, чтобы обеспечить герметизацию высокого качества, процесс сварки должен выполняться с высокой степенью автоматизации. Это обеспечит уверенность в том, что радионуклиды, которые могут отделяться от поверхности матрицы (эффект отскока), будут удерживаться внутри контейнера.

I–12. После закрытия упаковка проверяется на наличие поверхностного загрязнения (которое обычно ниже уровней для контейнеров при транспортировании), измеряется мощность дозы (может потребоваться детектирование гамма- и нейтронного излучения в зависимости от содержания делящихся актинидов в отходах) и проводится внешний осмотр для выявления дефектов поверхности. При необходимости контейнер дезактивируется до допустимых для транспортирования уровней загрязнения. Затем упаковки поступают во временное хранилище и хранятся там до момента их транспортирования в пункт захоронения в защитных контейнерах, конструкция и надежность которых аналогичны контейнерам для транспортирования отработавшего топлива.

I–13. Кондиционированные ВАО после переработки обычно перемещаются на хранение в хранилище камерного типа или в хранилище с отдельно стоящими контейнерами. В любом случае важным является поддержание стабильных температурных условий в хранилище и для отходов. В большинстве случаев применяются высоконадежные системы естественного охлаждения. Системы

принудительного охлаждения требуют высокого уровня резервирования, предусмотренного в проекте.

ОТРАБОТАВШЕЕ ТОПЛИВО

I–14. Вариант непосредственного захоронения отработавшего топлива в установке для захоронения это альтернатива переработке отработавшего топлива и захоронения остаточных ВАО. Перед тем, как оценивать возможность реализации этого варианта, необходимо понять поведение таких форм отходов в установке для захоронения.

I–15. Обработка отработавшего топлива может включать следующие три подхода: а) топливные стержни не подвергаются обработке (т.е. топливные сборки не подвергаются модификации или разборке на отдельные стержни); б) топливные стержни подвергаются механической обработке (например, путем дегазации или резки); или с) топливные стержни подвергаются механической и химической обработке (такой, как остекловывание топлива после растворения). Если топливо не подвергают обработке, процесс подготовки отработавшего топлива для кондиционирования в консолидированной форме обычно включает следующие этапы: удаление концевиков; извлечение топливных стержней из компонентов, не содержащих топливо; загрузку топливных стержней в транспортный контейнер требуемой формы; обработку компонентов, не содержащих топливо; загрузку компонентов, не содержащих топливо, в контейнер для захоронения. Процесс консолидации стержней может осуществляться как во влажных (бассейн выдержки), так и в сухих (сухие секции) условиях. Резка топливных стержней это стандартная процедура для механически обрабатываемых топливных стержней. Минимизация эмиссии газа является важным моментом при проектировании установки.

I–16. Следующий этап это упаковка отработавшего топлива, которая может включать: а) загрузку отработавшего топлива в соответствии с процедурой, зависящей от истории топлива и числа неповрежденных топливныхборок, загрузку консолидированных топливныхборок или загрузку резанных или нерезанных стержней; б) окончательное закрытие и/или герметизацию упаковок отходов; и с) меры по защите от коррозии. Если конструкция самого контейнера не рассчитана на то, чтобы выдержать механические нагрузки, которые могут возникнуть при размещении в хранилище, свободный внутренний объем контейнера можно заполнить материалом, пригодным для обеспечения внутренней поддержки, таким, как медь, полученным путем горячего изостатического прессования.

I–17. В зависимости от процесса, выбранного для упаковывания, образуются различные объемы вторичных отходов, которые потребуются перерабатывать и захоранивать. Твердые отходы, представляющие собой отдельные части после разборки топливных элементов, можно кондиционировать вместе с отработавшим топливом.

I–18. Упаковка отходов состоит из консолидированного и/или неконсолидированного отработавшего топлива, компонентов, не содержащих топлива (если таковые присутствуют), контейнера и внутренних конструктивных элементов для размещения отходов и теплопередачи к поверхности контейнера. В некоторых случаях могут применяться нейтронные поглотители для предотвращения возникновения критичности.

I–19. В настоящее время изучается возможность использования многоцелевых контейнеров (т.е. контейнеров, используемых для транспортирования, хранения и захоронения). Был рассмотрен ряд металлов и их сплавов, включая материалы, подверженные коррозии (например, железо и нержавеющая сталь), и коррозионно-стойкие материалы (например, никель и сплавы на основе никеля, медь и сплавы на основе меди, а также титан). На выбор материалов и применяемых концепций в большой степени влияет геологическая формация, геохимия окружающей среды, а также давление и температура, влияющие на различные механизмы коррозии. Необходимо проводить долговременные тесты с целью исследования конкретных явлений, таких, как локальная коррозия, коррозия под напряжением и водородное охрупчивание, которые начинают действовать только по истечению продолжительных периодов после размещения отходов.

I–20. Хранилища кондиционированного отработавшего топлива схожи с хранилищами кондиционированных ВАО, образующихся после переработки отработавшего топлива. Основное различие касается вопросов, связанных с критичностью, которые являются более важными в случае хранилищ отработавшего топлива, чем хранилищ отвержденных ВАО.

Приложение II

ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЛОЩАДКИ, ПРОЦЕССЫ И СОБЫТИЯ, УЧИТЫВАЕМЫЕ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ОЦЕНКИ БЕЗОПАСНОСТИ (ВНЕШНИЕ ПРИРОДНЫЕ ЯВЛЕНИЯ)

При использовании этого перечня следует принимать во внимание, что указанные исходные события не обязательно будут применимы для всех установок и для всех площадок. Настоящий перечень приведен в качестве вспомогательного материала.

- (1) Метеорология и климатология площадки и региона:
 - i) Осадки (средние и экстремальные значения, в том числе частота, длительность и интенсивность):
 - дождь, град, снег и оледенение;
 - снежный и ледяной покровы (в том числе потенциальная возможность блокирования входов или выходов);
 - засуха.
 - ii) Ветры (средние и экстремальные значения, в том числе частота, длительность и интенсивность):
 - смерчи (торнадо), ураганы и циклоны.
 - iii) Мощность и длительность воздействия прямого солнечного излучения (инсоляция, средние и экстремальные значения).
 - iv) Температура (средние и экстремальные значения, в том числе частота и длительность):
 - вечная мерзлота и циклы промерзания и оттаивания почвы.
 - v) Барометрическое давление (средние и экстремальные значения, в том числе частота и длительность).
 - vi) Влажность (средние и экстремальные значения, в том числе частота и длительность):
 - туман и мороз.
 - vii) Молния (частота и интенсивность).
- (2) Гидрология и гидрогеология площадки и региона:
 - i) Поверхностный сток (средний и экстремальный, в том числе частота, длительность и интенсивность):
 - затопление (частота, длительность и интенсивность);
 - эрозия (скорость).
 - ii) Режим грунтовых вод (средние и экстремальные характеристики, в том числе частота и длительность).
 - iii) Волновая активность (средние и экстремальные характеристики, в том числе частота, длительность и интенсивность):

- приливы, штормовые нагоны и цунами;
 - затопление (частота, длительность и интенсивность);
 - береговая эрозия (скорость).
- (3) Геология площадки и региона:
- i) Литология и стратиграфия:
 - геотехнические характеристики материалов, слагающих площадку.
 - ii) Сейсмичность:
 - разломы и ослабленные зоны;
 - землетрясения (частота и интенсивность).
 - iii) Вулканология:
 - вулканические обломки и пепел.
 - iv) Исторические шахты и карьеры:
 - просадки грунта.
- 4) Геоморфология и топография площадки:
- i) Стабильность природного материала:
 - обрушения склонов, оползни и оседание;
 - лавины.
 - ii) Поверхностная эрозия.
 - iii) Влияние рельефа (топографии) на метеорологические условия или на последствия экстремальных погодных условий.
- 5) Земная и водная флора и фауна на площадке (с точки зрения их влияния на установку):
- i) Растительность (наземная и водная):
 - блокирование входов и выходов;
 - повреждение конструкций.
 - ii) Грызуны, птицы, другие обитатели живой природы:
 - прямое повреждение вследствие рытья, перегрызания и т.д.;
 - накопление остатков гнезд, гуано и т.д.
- 6) Возможность возникновения:
- i) Природных пожаров или взрывов на площадке.
 - ii) Метана или природного токсичного газа (от болотистой местности или мусорных свалок).
 - iii) Пылевых или песчаных бурь (в том числе возможное блокирование входов и выходов).

Приложение III

ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЛОЩАДКИ, ПРОЦЕССЫ И СОБЫТИЯ, УЧИТЫВАЕМЫЕ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ОЦЕНКИ БЕЗОПАСНОСТИ (ВНЕШНИЕ СОБЫТИЯ, ВЫЗВАННЫЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ ЧЕЛОВЕКА)

При использовании этого перечня следует принимать во внимание, что указанные исходные события не обязательно будут применимы для всех установок и для всех площадок. Настоящий перечень приведен в качестве вспомогательного материала.

- (1) Взрыв:
 - i) твердое вещество;
 - ii) газ, пыль или аэрозольное облако.
- 2) Пожар:
 - i) твердое вещество;
 - ii) жидкое вещество;
 - iii) газ, пыль или аэрозольное облако.
- 3) Падение летательного аппарата.
- 4) Летящие предметы вследствие структурных или механических поломок на соседних установках.
- 5) Затопление:
 - i) разрушение строительных конструкций дамбы;
 - ii) затор на реке.
- 6) Просадки грунта или обрушения вследствие горнопроходческих работ (туннели, шахты).
- 7) Колебания земли.
- 8) Выход любых коррозионных, токсичных и/или радиоактивных веществ:
 - i) жидкость;
 - ii) газ, пыль или аэрозольное облако.
- 9) Географические и демографические данные:
 - i) плотность населения и ожидаемые изменения в течение всего жизненного цикла установки;
 - ii) промышленные и военные объекты и соответствующая деятельность и влияние аварий на установку на таких объектах;
 - iii) транспортные пути;
 - iv) транспортная инфраструктура (автомагистрали, аэропорты и/или воздушные пути, железные дороги, реки и каналы, трубопроводы и потенциальная возможность воздействий или аварий, связанных с наличием опасных материалов).

- 10) Энергоснабжение и возможность его отключения.
- 11) Гражданские волнения:
 - i) терроризм, саботаж и внешнее вторжение;
 - ii) нарушения в инфраструктуре;
 - iii) гражданские беспорядки;
 - iv) забастовки и блокады;
 - v) вопросы, связанные со здравоохранением (например, эндемические заболевания, эпидемии).

Приложение IV

ПОСТУЛИРУЕМЫЕ ИСХОДНЫЕ СОБЫТИЯ, УЧИТЫВАЕМЫЕ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ОЦЕНКИ БЕЗОПАСНОСТИ (ВНУТРЕННИЕ ЯВЛЕНИЯ)

При использовании этого перечня следует принимать во внимание, что указанные исходные события не обязательно будут применимы для всех установок и для всех площадок. Настоящий перечень приведен в качестве вспомогательного материала.

- (1) Приемка (непреднамеренно или в силу иных причин) поступающих отходов, контейнеров для отходов, химических реагентов для обработки, реагентов для кондиционирования и т.д., которые не соответствуют спецификациям (критериям приемлемости), принятым в качестве проектных основ.
- (2) Обработка отходов, которые соответствуют критериям приемлемости, но в последующем обработаны неправильно применительно к данному типу отходов (непреднамеренно или в силу иных причин).
- (3) Возникновение критичности вследствие нерегламентированного накопления делящегося материала, изменения конфигурации, введения замедляющего материала, удаления поглотителя нейтронов или различные комбинации вышеперечисленного.
- (4) Взрыв вследствие выделения взрывоопасной газовой смеси как результат:
 - i) Радиолиза.
 - ii) Выбросов газа или его летучести.
 - iii) Химических реакций, возникающих в результате нерегламентированного смешивания или контакта:
 - различных потоков отходов;
 - отходов и реагентов для кондиционирования;
 - материала контейнеров для отходов и реагентов для кондиционирования;
 - химических реагентов для обработки;
 - отходов, контейнеров для отходов, реагентов для кондиционирования, химических реагентов для обработки и преобладающих условий окружающей среды на производстве или в хранилище.
 - iv) Поступление в установку по сжиганию или компактированию таких предметов, как сосуды со сжатым газом.
- (5) Пожар вследствие:
 - i) самопроизвольного возгорания;

- ii) местных участков перегрева из-за нарушений в конструкции, системах или элементах;
 - iii) искрения механизмов, оборудования или в системе электропитания;
 - iv) искры в результате деятельности человека, например, сварки или курения;
 - v) взрывов.
- (6) Значительная несовместимость между компонентами систем переработки и материалами, поступающими в систему.
 - (7) Ухудшение характеристик материалов переработки (химические реагенты, присадки или связывающие вещества) вследствие нарушения условий обращения или хранения.
 - (8) Ошибка при рассмотрении нерадиологической опасности, свойственной отходам (физической, химической, патогенной).
 - (9) Образование токсичной атмосферы вследствие химических реакций из-за ненадлежащего смешивания или контактов различных реагентов и материалов.
 - (10) Падение упаковок с отходами или других грузов вследствие неправильно выполненных действий или отказов оборудования с последствием для упавшей упаковки и, возможно, для других упаковок с отходами или конструкций, систем и элементов установки.
 - (11) Столкновение транспортных средств или подвешенных грузов с конструкциями, системами и элементами установки или с упаковками отходов, резервуарами и трубопроводами, содержащими отходы.
 - (12) Отказы конструкций, систем и элементов вследствие:
 - i) потери структурной устойчивости и механической целостности;
 - ii) вибраций установки;
 - iii) неустойчивости давления (резкого повышения или падения давления);
 - iv) внутренней коррозии или эрозии либо химического воздействия рабочей среды или среды хранилища.
 - (13) Образование летящих предметов или их обломков вследствие взрыва элементов, находящихся под давлением, или серьезных поломок вращающегося оборудования.
 - (14) Неисправность нагревающего или охлаждающего оборудования, приводящая к непреднамеренным температурным отклонениям в технологических системах и системах хранения.
 - (15) Неисправность оборудования технологического контроля.
 - (16) Неисправность оборудования, поддерживающего условия окружающей среды на установке, такого, как вентиляционная система и система обезвоживания.

- (17) Неисправность систем мониторинга или систем аварийной сигнализации, вследствие чего появление неблагоприятных условий остается незамеченным.
- (18) Неправильные параметры уставок (ошибки или несанкционированные изменения) на мониторах, оборудовании аварийной сигнализации или контрольной аппаратуре.
- (19) Отказ в момент срабатывания аварийного оборудования, такого, как системы пожаротушения, клапаны и трубопроводы сброса давления.
- (20) Отказ систем энергоснабжения главной системы либо различных подсистем.
- (21) Неисправность основного оборудования для манипулирования отходами, такого, как подъемные краны или передаточные конвейеры.
- (22) Неисправность конструкций, систем и элементов, контролирующих выбросы в окружающую среду, таких, как фильтры или клапаны.
- (23) Ненадлежащее проведение проверок, испытаний и технического обслуживания конструкций, систем и элементов.
- (24) Неверные действия оператора вследствие неточной или неполной информации.
- (25) Неверные действия оператора, несмотря на наличие точной и полной информации.
- (26) Саботаж со стороны служащих.
- (27) Отказ таких систем и элементов, как облицовка установки для сжигания отходов, гидравлика установки для компактирования или режущего оборудования, что вызывает риск значительного дополнительного облучения персонала, привлекаемого для выполнения ремонтных работ или замены оборудования.
- (28) Обнаружение в процессе вывода из эксплуатации непредвиденных источников излучения (например, отличающихся по природе или количеству) и сбой в моментальном выявлении изменившихся условий.
- (29) Удаление или ослабление конструкции или элемента в процессе снятия с эксплуатации без понимания возможного влияния на конструкционные характеристики других конструкций и элементов.

СОСТАВИТЕЛИ И РЕЦЕНЗЕНТЫ

Ali, S.S.	Bhabha Atomic Research Centre, India
Baillif, L.	NUSYS, France
Бергй, F.	NUSYS, France
Carter, P.B.	Consultant, United Kingdom
Conlon, P.	International Atomic Energy Agency
De Pahissa, M.H.	Comisión Nacional de Energía Atómica, Argentina
Duthé, M.	Direction de la sûreté des installations nucléaires, France
Engstrum, S.	Swedish Nuclear Fuel and Waste Management Co., Sweden
FitzPatrick, B.	International Atomic Energy Agency
Лавринович, А.	Федеральный надзор России по ядерной и радиационной безопасности, Российская Федерация
Müller, W.	Institut für Sicherheitstechnologie GmbH, Germany
Picha, K.	Department of Energy, United States of America
Ruokola, E.	Radiation and Nuclear Safety Authority, Finland
Sasaki, N.	Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation, Japan
Shoaib, K.A.	Permanent Mission of Pakistan, Austria
Street, J.	British Nuclear Fuels Ltd, United Kingdom
Timul'ák, J.	Decom Slovakia Ltd, Slovak Republic
Torata, S.	Japan Nuclear Cycle Development Institute, Japan
Vogt, J.	Swedish Nuclear Fuel and Waste Management Co., Sweden
Warnecke, E.	International Atomic Energy Agency
Wurtinger, W.	Institut für Sicherheitstechnologie GmbH, Germany

ОРГАНЫ, УЧАСТВУЮЩИЕ В ОДОБРЕНИИ НОРМ БЕЗОПАСНОСТИ

Комиссия по нормам безопасности

Аргентина: Oliveira, A.; *Бразилия:* Caubit da Silva, A.; *Канада:* Pereira, J.K.; *Китай:* Zhao, C.; *Франция:* Lacoste, A.-C.; Gauvain, J.; *Германия:* Renneberg, W.; *Индия:* Sukhatme, S.P.; *Япония:* Suda, N.; *Корея, Республика:* Eun, S.; *Российская Федерация:* Вишневский, Ю.Г.; *Испания:* Azuara, J.A.; Santoma, L.; *Швеция:* Holm, L.-E.; *Швейцария:* Schmocker, U.; *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:* Clarke, R.H.; *Агентство по ядерной энергии ОЭСР:* Shimomura, K.

Комитет по нормам ядерной безопасности

Аргентина: Sajaroff, P.; *Австралия:* MacNab, D.; **Беларусь:* Судаков, И.; *Бельгия:* Govaerts, P.; *Бразилия:* Salati de Almeida, I.P.; *Болгария:* Gantchev, T.; *Канада:* Hawley, P.; *Китай:* Wang, J.; *Чешская Республика:* Böhm, K.; *Египет:* Hassib, G.; *Финляндия:* Reiman, L. (председатель); *Франция:* Saint Raymond, P.; *Германия:* Feige, G.; *Венгрия:* Vöröss, L.; *Индия:* Sharma, S.K.; *Ирландия:* Hone, C.; *Израиль:* Hirshfeld, H.; *Италия:* del Nero, G.; *Япония:* Yamamoto, T.; *Корея, Республика:* Lee, J.-I.; *Литва:* Demcenko, M.; **Мексика:* Delgado Guardado, J.L.; *Нидерланды:* de Munk, P.; **Пакистан:* Hashimi, J.A.; **Перу:* Ramírez Quijada, R.; *Российская Федерация:* Баклушин, Р.П.; *Южная Африка:* Bester, P.J.; *Испания:* Mellado, I.; *Швеция:* Jende, E.; *Швейцария:* Aeberli, W.; **Таиланд:* Tanipanichskul, P.; *Турция:* Alten, S.; *Соединенное Королевство:* Hall, A.; *Соединенные Штаты Америки:* Newberry, S.; *Европейская комиссия:* Schwartz, J.-C.; *МАГАТЭ:* Bevington, L. (координатор); *Международная организация по стандартизации:* Nigon, J.L.; *Агентство по ядерной энергии ОЭСР:* Hrehor, M.

Комитет по нормам радиационной безопасности

Аргентина: Rojkind, R.H.A.; *Австралия:* Mason, C. (председатель), *Беларусь:* Рыдлевский, Л.; *Бельгия:* Smeesters, P.; *Бразилия:* Amaral, E.; *Канада:* Utting, R.; *Куба:* Betancourt Hernandez, A.; *Китай:* Yang, H.; *Чешская Республика:* Drabova, D.; *Дания:* Ulbak, K.; *Египет:* Hanna, M.; *Финляндия:* Markkanen, M.; *Франция:* Piechowski, J.; *Германия:* Landfermann, H.; *Венгрия:* Koblinger, L.; *Индия:* Sharma, D.N.; *Ирландия:* McGarry, A.; *Израиль:* Laichter, Y.; *Италия:* Sgrilli, E.; *Япония:* Yonehara, H.; *Корея, Республика:* Kim, C.; *Мадагаскар:* Andriambololona, R.; *Мексика:* Delgado Guardado, J.; *Нидерланды:* Zuur, C.; *Норвегия:* Saxebol, G.; *Перу:* Medina Gironzini, E.; *Польша:* Merta, A.; *Российская Федерация:* Кутков, В.; *Словакия:* Jurina, V.; *Южная Африка:* Olivier, J.H.L.; *Испания:* Amor, I.; *Швеция:* Hofvander, P.; *Мoberg, L.*; *Швейцария:* Pfeiffer, H.J.; *Таиланд:* Pongpat, P.; *Турция:* Buyan, A.G.; *Украина:* Лихтарев, И.А.; *Соединенное Королевство:* Robinson, I.; *Соединенные Штаты Америки:* Paperiello, C.; *МАГАТЭ:* Bilbao, A.; *Европейская комиссия:* Kaiser, S.; Janssens, A.; *Продовольственная и*

сельскохозяйственная организация Объединенных Наций: Rigney, С.; Международная комиссия по радиологической защите: Valentin, J.; Международное бюро труда: Niu, S.; Международная ассоциация радиационной защиты: Webb, G.; Международная организация по стандартизации: Perrin, M.; Агентство по ядерной энергии ОЭСР: Lazo, T.; Панамериканская организация здравоохранения: Borgas, С.; Научный комитет ООН по действию атомной радиации: Gentner, N.; Всемирная организация здравоохранения: Kheifets, L.

Комитет по нормам безопасности перевозки

Аргентина: López Vietri, J.; Австралия: Colgan, P.; *Беларусь: Зайцев, С.; Бельгия: Cottens, E.; Бразилия: Bruno, N.; Болгария: Бакалова, А.; Канада: Viglasky, T.; Китай: Pu, Y.; *Дания: Hannibal, L.; Египет: El-Shinawy, R.M.K.; Франция: Aguilar, J.; Германия: Rein, H.; Венгрия: Sáfár, J.; Индия: Nandakumar, A.N.; Ирландия: Duffy, J.; Израиль: Koch, J.; Италия: Trivelloni, S.; Япония: Hamada, S.; Корея, Республика: Kwon, S.-G.; Нидерланды: Van Halem, H.; Норвегия: Hornkjøl, S.; Перу: Regalado Campaña, S.; Румыния: Vieru, G.; Российская Федерация: Ершов, В.Н.; Южная Африка: Jutle, K.; Испания: Zamora Martin, F.; Швеция: Pettersson, B.G.; Швейцария: Knecht, B.; *Таиланд: Jerachanchai, S.; Турция: Köksal, M.E.; Соединенное Королевство: Young, C.N. (председатель); Соединенные Штаты Америки: McGuire, R.; МАГАТЭ: Pope, R.B.; Европейская комиссия: Rossi, L.; Международная ассоциация воздушного транспорта: Abouchaar, J.; Международная организация гражданской авиации: Rooney, K.; Международная федерация ассоциаций линейных пилотов: Tisdall, A.; Международная морская организация: Rahim, I.; Международная организация по стандартизации: Malesys, P.; Экономическая комиссия Организации Объединенных Наций для Европы: Kervella, O.; Всемирный институт по ядерным перевозкам: Lesage, M.

Комитет по нормам безопасности отходов

Аргентина: Siraky, G.; Австралия: Williams, G.; *Беларусь: Роздяловская, Л.; Бельгия: Baekelandt, L. (председатель); Бразилия: Xavier, A.; *Болгария: Симеонов, Г.; Канада: Ferch, R.; Китай: Fan, Z.; Куба: Benitez, J.; *Дания: Øhlenschlaeger, M.; *Египет: Al Adham, K.; Al Sorogí, M.; Финляндия: Rukola, E.; Франция: Averous, J.; Германия: von Dobschütz, P.; Венгрия: Czoch, I.; Индия: Raj, K.; Ирландия: Pollard, D.; Израиль: Avraham, D.; Италия: Dionisi, M.; Япония: Irie, K.; Корея, Республика: 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.; Словацкая Республика: Конечны, L.; Южная Африка: Pather, T.; Испания: O'Donnell, P.; Швеция: Wingefors, S.; Швейцария: Zurkinden, A.; *Таиланд: Wangcharoenroong, B.; Турция: Kahraman, A.; Соединенное Королевство: Wilson, C.; 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 ОЭСР: Riotte, H.

МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ
ВЕНА
ISBN 92-0-412905-0
ISSN 1020-5845