

# Нормы МАГАТЭ по безопасности

для защиты людей и охраны окружающей среды

## Классификация радиоактивных отходов

Руководство по безопасности

№ GSG-1



**IAEA**

Международное агентство по атомной энергии

# НОРМЫ МАГАТЭ ПО БЕЗОПАСНОСТИ И ДРУГИЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ДАННОЙ ТЕМЕ

## НОРМЫ МАГАТЭ ПО БЕЗОПАСНОСТИ

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

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

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

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

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

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

## ПУБЛИКАЦИИ ПО ДАННОЙ ТЕМЕ

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

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

Другие публикации МАГАТЭ по вопросам безопасности выпускаются в качестве **докладов по радиологическим оценкам, докладов ИНСАГ** — Международной группы по ядерной безопасности, **технических докладов** и документов серии **TECDOC**. МАГАТЭ выпускает также доклады по радиологическим авариям, учебные пособия и практические руководства, а также другие специальные публикации по вопросам безопасности.

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

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

КЛАССИФИКАЦИЯ  
РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ

Членами Международного агентства по атомной энергии являются следующие государства:

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

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

СЕРИЯ НОРМ МАГАТЭ ПО БЕЗОПАСНОСТИ, № GSG-1

# КЛАССИФИКАЦИЯ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ

ОБЩЕЕ РУКОВОДСТВО ПО БЕЗОПАСНОСТИ

МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ  
ВЕНА, 2014 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). Впоследствии авторские права были распространены Всемирной организацией интеллектуальной собственности (Женева) также на интеллектуальную собственность в электронной и виртуальной форме. Для полного или частичного использования текстов, содержащихся в печатных или электронных публикациях МАГАТЭ, должно быть получено разрешение, которое обычно является предметом соглашений о роялти. Предложения о некоммерческом воспроизведении и переводе приветствуются и рассматриваются в каждом отдельном случае. Вопросы следует направлять в Издательскую секцию МАГАТЭ по адресу:

Группа маркетинга и сбыта, Издательская секция  
Международное агентство по атомной энергии  
Vienna International Centre  
PO Box 100  
1400 Vienna, Austria  
факс: +43 1 2600 29302  
тел.: +43 1 2600 22417  
эл. почта: [sales.publications@iaea.org](mailto:sales.publications@iaea.org)  
веб-сайт: <http://www.iaea.org/books>

© МАГАТЭ, 2014

Отпечатано МАГАТЭ в Австрии  
Февраль 2014 года  
STI/PUB/1419

КЛАССИФИКАЦИЯ  
РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ  
МАГАТЭ, ВЕНА, 2014  
STI/PUB/1419  
ISBN 978–92–0–403514–8  
ISSN 1020–5845

## ПРЕДИСЛОВИЕ

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 свод регулярно пересматриваемых норм безопасности наряду с помощью МАГАТЭ в их применении стал ключевым элементом глобального режима безопасности.

В середине 1990-х годов было начато осуществление существенного пересмотра программы норм МАГАТЭ по безопасности, 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. Услуги, оказываемые МАГАТЭ в области обеспечения безопасности, которые касаются вопросов инженерной безопасности, эксплуатационной безопасности, радиационной безопасности, безопасности перевозки и безопасности отходов, а также вопросов регулирования и культуры безопасности в организациях, помогают государствам-членам применять эти нормы и оценивать их эффективность. Эти услуги в области обеспечения безопасности позволяют осуществлять обмен ценной информацией, и я продолжаю призывать все государства-члены пользоваться ими.

Ответственность за деятельность по регулированию ядерной и радиационной безопасности возлагается на страны, и многие государства-члены принимают решение применять нормы МАГАТЭ по безопасности в своих национальных регулирующих положениях. Для договаривающихся сторон различных международных конвенций по безопасности нормы МАГАТЭ являются согласованным и надежным средством обеспечения эффективного выполнения обязательств, вытекающих из этих конвенций. Указанные нормы применяются также проектировщиками, изготовителями оборудования и операторами во всем мире в целях повышения ядерной и радиационной безопасности в энергетике, медицине, промышленности, сельском хозяйстве, научных исследованиях и образовании.

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



# НОРМЫ МАГАТЭ ПО БЕЗОПАСНОСТИ

## ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

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

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

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

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

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

Глобальный режим ядерной безопасности постоянно совершенствуется. Нормы МАГАТЭ по безопасности, которые поддерживают осуществление имеющих обязательную силу международных договорно-правовых документов и функционирование национальных инфраструктур безопасности, являются краеугольным камнем этого глобального режима. Нормы МАГАТЭ по безопасности - это полезный инструмент, с помощью которого договаривающиеся стороны оценивают свою деятельность по выполнению этих конвенций.

## НОРМЫ МАГАТЭ ПО БЕЗОПАСНОСТИ

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

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

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

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

---

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



*РИС. 1. Долгосрочная структура Серии норм МАГАТЭ по безопасности.*

## Основы безопасности

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

## Требования безопасности

Комплексный и согласованный набор требований безопасности устанавливает требования, которые должны выполняться с целью обеспечения защиты людей и охраны окружающей среды в настоящее время и в будущем. Требования регулируются целями и принципами основ безопасности. Если требования не выполняются, то должны приниматься меры для достижения или восстановления требуемого уровня безопасности. Формат и стиль требований облегчают их гармоничное использование для создания национальной основы регулирования. Требования, включая пронумерованные всеобъемлющие требования, выражаются формулировками “должен, должна, должно, должны”. Многие требования конкретной стороне не адресуются, а это означает, что за их выполнение отвечают соответствующие стороны.

## **Руководства по безопасности**

Руководства по безопасности содержат рекомендации и руководящие материалы, касающиеся выполнения требований безопасности, и в них выражается международный консенсус в отношении необходимости принятия рекомендуемых мер (или эквивалентных альтернативных мер). В руководствах по безопасности представлена международная образцовая практика, и они во все большей степени отражают наилучшую практику с целью помочь пользователям достичь высоких уровней безопасности. Рекомендации, содержащиеся в руководствах по безопасности, формулируются с применением глагола “следует”.

## **ПРИМЕНЕНИЕ НОРМ МАГАТЭ ПО БЕЗОПАСНОСТИ**

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

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

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

Кроме того, нормы МАГАТЭ по безопасности закладывают основу для услуг МАГАТЭ по рассмотрению безопасности, и они используются МАГАТЭ в содействии повышению компетентности, в том числе, для разработки учебных планов и организации учебных курсов.

Международные конвенции содержат требования, аналогичные требованиям, которые изложены в нормах МАГАТЭ по безопасности, и делают их обязательными для договаривающихся сторон. Нормы МАГАТЭ по безопасности, подкрепляемые международными конвенциями, отраслевыми стандартами и подробными национальными требованиями,

создают прочную основу для защиты людей и охраны окружающей среды. Существуют также некоторые особые вопросы безопасности, требующие оценки на национальном уровне. Например, многие нормы МАГАТЭ по безопасности, особенно те из них, которые посвящены вопросам планирования или разработки мер по обеспечению безопасности, предназначаются, прежде всего, для применения к новым установкам и видам деятельности. На некоторых существующих установках, сооруженных в соответствии с нормами, принятыми ранее, требования, установленные в нормах МАГАТЭ по безопасности, в полном объеме соблюдаться не могут. Вопрос о том, как нормы МАГАТЭ по безопасности должны применяться на таких установках, решают сами государства.

Научные соображения, лежащие в основе норм МАГАТЭ по безопасности, обеспечивают объективную основу для принятия решений по вопросам безопасности; однако лица, отвечающие за принятие решений, должны также выносить обоснованные суждения и должны определять, как лучше всего сбалансировать выгоды принимаемых мер или осуществляемой деятельности с учетом соответствующих радиационных рисков и любых иных вредных последствий этих мер или деятельности.

## ПРОЦЕСС РАЗРАБОТКИ НОРМ МАГАТЭ ПО БЕЗОПАСНОСТИ

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

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

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



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

## ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ С ДРУГИМИ МЕЖДУНАРОДНЫМИ ОРГАНИЗАЦИЯМИ

При разработке норм МАГАТЭ по безопасности 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 безопасности разрабатываются в сотрудничестве с другими органами системы Организации Объединенных Наций или другими специализированными учреждениями, включая Продовольственную и сельскохозяйственную организацию Объединенных Наций, Программу Организации Объединенных Наций по окружающей среде, Международную организацию труда, Агентство по ядерной энергии ОЭСР, Панамериканскую организацию здравоохранения и Всемирную организацию здравоохранения.

## ТОЛКОВАНИЕ ТЕКСТА

Относящиеся к безопасности термины должны толковаться в соответствии с определениями, данными в Глоссарии МАГАТЭ по вопросам безопасности (см. <http://www-ns.iaea.org/standards/safety-glossary.htm>). Во всех остальных случаях в издании на английском языке слова используются с написанием и значением, приведенными в последнем издании Краткого оксфордского словаря английского языка. Для руководств по безопасности аутентичным текстом является английский вариант.

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

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

Дополнение, если оно включено, рассматривается в качестве неотъемлемой части норм безопасности. Материал в дополнении имеет тот же статус, что и основной текст, и МАГАТЭ берет на себя авторство в отношении такого материала. Приложения и сноски к основному тексту, если они включены, используются для предоставления практических примеров или дополнительной информации или пояснений. Приложения и сноски неотъемлемой частью основного текста не являются. Материал в приложениях, опубликованный МАГАТЭ, не обязательно выпускается в качестве его авторского материала; в приложениях к нормам безопасности может быть представлен материал, имеющий другое авторство. Содержащийся в приложениях сторонний материал, с тем чтобы в целом быть полезным, по мере необходимости публикуется в виде выдержек и адаптируется.





## СОДЕРЖАНИЕ

1.	ВВЕДЕНИЕ .....	1
	Общие сведения (1.1–1.7) .....	1
	Цель (1.8-1.9) .....	3
	Область применения (1.10–1.13) .....	3
	Структура (1.14) .....	4
2.	СХЕМА КЛАССИФИКАЦИИ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ .....	5
	Общий обзор (2.1–2.3) .....	5
	Классы отходов (2.4–2.31) .....	7
	Дополнительные соображения (2.32–2.33) .....	18
ДОПОЛНЕНИЕ:	КЛАССИФИКАЦИЯ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ .....	21
СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ .....		27
ПРИЛОЖЕНИЕ I:	РАЗВИТИЕ НОРМ МАГАТЭ ПО КЛАССИФИКАЦИИ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ .....	29
ПРИЛОЖЕНИЕ II:	МЕТОДЫ КЛАССИФИКАЦИИ .....	31
ПРИЛОЖЕНИЕ III:	ПРОИСХОЖДЕНИЕ И ВИДЫ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ .....	38
СОСТАВИТЕЛИ И РЕЦЕНЗЕНТЫ .....		49
ОРГАНЫ, УЧАСТВУЮЩИЕ В ОДОБРЕНИИ НОРМ БЕЗОПАСНОСТИ МАГАТЭ .....		51



# 1. ВВЕДЕНИЕ

## ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

1.1. Радиоактивные отходы образуются на разного вида установках в различных формах с различными физическими и химическими характеристиками и с широким диапазоном концентрации составляющих их радионуклидов. Эти различия приводят к одинаково широкому спектру вариантов обращения с отходами. Существует множество альтернатив для обработки отходов и для краткосрочного или долгосрочного хранения до захоронения. Кроме того, существуют различные альтернативные варианты безопасного захоронения отходов – от приповерхностного до геологического захоронения.

1.2. Публикация по требованиям безопасности «Обращение с радиоактивными отходами перед захоронением» [1] требует, чтобы: «На различных этапах обращения с радиоактивными отходами перед их захоронением, радиоактивные отходы должны быть охарактеризованы и классифицированы в соответствии с требованиями, установленными или утвержденными регулирующим органом» (Требование 9). Это делается для того, чтобы обеспечить принятие надлежащих и достаточных мер, учитывающих последствия для безопасности, связанных с обращением с отходами и их захоронением.

1.3. Для классификации радиоактивных отходов были разработаны различные схемы в соответствии с физическими, химическими и радиологическими свойствами, присущими конкретным установкам или условиям, в которых происходит обращение с радиоактивными отходами. Эти схемы привели к появлению ряда различных терминов, которые могут отличаться от государства к государству и даже между установками в одном и том же государстве. В некоторых случаях это привело к трудностям в установлении согласованной и последовательной национальной политики обращения с отходами и в реализации стратегий, и может привести к снижению оптимального уровня безопасности. Это также затрудняет обсуждение вопросов обращения с отходами как на национальном, так и на международном уровне, в частности в рамках Объединенной конвенции о безопасности обращения с отработавшим топливом и о безопасности обращения с радиоактивными отходами [2]. Сравнение данных, опубликованных в научной литературе, не является однозначным, и могут возникнуть трудности в понимании программ по обращению с отходами,

а также существующей практики как в одном государстве, так и между государствами.

1.4. С целью решения этих проблем в международных нормах безопасности обращения с радиоактивными отходами рассматривались вопросы классификации радиоактивных отходов. Первые нормы по этой тематике были опубликованы в 1970 году<sup>1</sup>, а в 1981<sup>2</sup> и 1994<sup>3</sup> годах были опубликованы пересмотренные документы. Разъяснения в отношении процесса развития этих норм приведены в Приложении I. Схема классификации, представленная в настоящем Руководстве по безопасности, заменяет схемы классификации, изложенные в предыдущих нормах.

1.5. Различные виды отходов могут быть сгруппированы с точки зрения целей обращения с эксплуатационными радиоактивными отходами. Например, отходы, содержащие радионуклиды с коротким периодом полураспада, могут быть отделены от отходов, содержащих радионуклиды с более длительным периодом полураспада, или прессуемые отходы могут быть отделены от непрессуемых отходов. Вопросы обращения с эксплуатационными радиоактивными отходами рассматриваются в документе [3]. Тем не менее, кроме отходов, содержащих только короткоживущие радионуклиды, все другие виды радиоактивных отходов в конечном итоге необходимо захоронить в соответствии с основополагающими принципами безопасности [4] и требованиями безопасности при обращении с радиоактивными отходами и при захоронении радиоактивных отходов.

1.6. Ранее разработанная схема классификации<sup>3</sup> не является полностью всеобъемлющей, поскольку она не охватывает все виды радиоактивных отходов, а также не обеспечивает прямую связь с вариантами захоронения всех видов радиоактивных отходов. Эти аспекты прежней схемы классификации были признаны ограничениями в части ее использования и применения.

---

<sup>1</sup> Международное агентство по атомной энергии, Стандартизация категорий радиоактивных отходов, Серия технических докладов № 101, МАГАТЭ, Вена (1970).

<sup>2</sup> Международное агентство по атомной энергии, Подземное захоронение радиоактивных отходов: основное руководство, Серия изданий по безопасности № 54, МАГАТЭ, Вена (1981).

<sup>3</sup> Международное агентство по атомной энергии, Классификация радиоактивных отходов, Серия изданий по безопасности № 111-G-1.1, МАГАТЭ, Вена (1994).

1.7. В настоящем Руководстве по безопасности рассматриваются типичные связи между различными классами отходов и вариантами их захоронения, но, несмотря на такие типичные связи, необходимо продемонстрировать пригодность отходов для захоронения на конкретных установках для захоронения в рамках обоснования безопасности и вспомогательной оценки безопасности установки [5].

## ЦЕЛЬ

1.8. Цель настоящего Руководства по безопасности заключается в определении общей схемы классификации радиоактивных отходов, которая основывается, главным образом, на соображениях долгосрочной безопасности и, таким образом, косвенно, на вопросах захоронения отходов. Настоящее Руководство по безопасности вместе с другими нормами МАГАТЭ по безопасности, касающимися радиоактивных отходов, поможет в разработке и реализации соответствующих стратегий обращения с отходами и будет способствовать обмену мнениями и информацией внутри государств и между ними. Как предусмотрено в публикациях, посвященных требованиям безопасности при обращении с радиоактивными отходами перед захоронением и при захоронении радиоактивных отходов [1, 5], захоронение отходов считается последней стадией в процессе обращения с радиоактивными отходами.

1.9. Настоящее Руководство по безопасности определяет концептуальные границы между различными классами отходов и дает рекомендации по их названию на основе соображений долгосрочной безопасности. В то время как признается полезность схем классификации для безопасного обращения с эксплуатационными радиоактивными отходами, включая перевозку отходов, такие схемы могут зависеть от различных соображений, которые не рассматриваются в настоящем Руководстве по безопасности.

## СФЕРА ПРИМЕНЕНИЯ

1.10. Настоящее Руководство по безопасности содержит рекомендации по классификации всего ряда радиоактивных отходов: от отработавшего ядерного топлива, когда оно считается радиоактивными отходами, до отходов с таким низким уровнем концентрации активности, что нет необходимости в обращении с ними или их регулировании в качестве радиоактивных отходов. Настоящее Руководство по безопасности охватывает отработавшие

закрытые источники, когда они считаются отходами, а также отходы, содержащие радионуклиды природного происхождения. Содержащиеся в настоящем Руководстве по безопасности рекомендации применимы к отходам из всех источников, включая отходы, образующиеся на установках и в результате соответствующей деятельности, отходы, образующиеся в создавшихся условиях, и отходы, которые могут образоваться в результате аварий.

1.11. Схема классификации, разработанная в настоящем Руководстве по безопасности, ориентирована на твердые радиоактивные отходы. Тем не менее, фундаментальный подход может быть применим и к обращению с жидкими и газообразными отходами, при этом соответствующее внимание должно уделяться аспектам, включающим обработку таких отходов для получения твердой формы отходов, пригодной для захоронения.

1.12. В настоящем Руководстве по безопасности не рассматриваются нерадиоактивные опасные компоненты радиоактивных отходов, если они не влияют на радиационную безопасность. Нерадиологические опасности, связанные с такими компонентами, необходимо принимать во внимание в соответствии с национальными требованиями, но это выходит за рамки сферы применения настоящего Руководства по безопасности. В некоторых государствах такие отходы иногда относят к «смешанным отходам».

1.13. Важно, чтобы были известны характеристики тех или иных радиоактивных отходов для принятия решений относительно их обработки, хранения и захоронения; однако подходы к определению и методы определения характеристик радиоактивных отходов не рассматриваются в настоящем Руководстве по безопасности.

## СТРУКТУРА

1.14. Настоящее Руководство по безопасности состоит из двух разделов, дополнения и трех приложений. Схема классификации радиоактивных отходов изложена в разделе 2. Дополнение раскрывает вопросы общей сферы применения и целевых функций схем классификации радиоактивных отходов. В нем рассматриваются цель и ограничения схемы классификации, описанной в настоящем Руководстве по безопасности, и объясняется подход, принятый при разработке схемы классификации радиоактивных отходов. В Дополнении также рассматриваются критерии обращения с отходами и деятельность по обращению с отходами, которые учитываются

при определении классов отходов. В Приложении I описывается развитие норм МАГАТЭ по безопасности в части классификации радиоактивных отходов. В Приложении II рассматриваются различные цели и подходы к классификации отходов, а также качественные и количественные методы классификации отходов. В Приложении III описываются различные виды радиоактивных отходов и демонстрируется применение схемы классификации отходов, разработанной в настоящем Руководстве по безопасности в отношении этих видов радиоактивных отходов.

## **2. СХЕМА КЛАССИФИКАЦИИ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ**

### **ОБЩИЙ ОБЗОР**

2.1. Некоторые элементы ранее разработанной схемы классификации<sup>3</sup> были сохранены. Тем не менее, схема была изменена, чтобы устранить недостатки, выявленные в предыдущей схеме (см. пункт 1.6.), и учесть опыт, накопленный в области разработки, эксплуатации и оценки безопасности установок для захоронения. Был определен ряд классов отходов, охватывающий все их виды, и указаны общие условия границ между классами. В соответствии с национальными программами и требованиями могут быть разработаны более детальные количественные границы, в которые входит более широкий диапазон параметров. В тех случаях, когда на территории государства имеется несколько установок для захоронения, количественные границы между классами для различных установок могут отличаться в соответствии со сценариями, геологическими и техническими параметрами и другими параметрами, которые имеют отношение к оценке безопасности конкретной площадки.

2.2. В соответствии с подходом, изложенным в Дополнении, было выделено и использовано в качестве основы для схемы классификации шесть классов отходов.

- 1) Освобожденные от контроля отходы<sup>4</sup> (EW / OO): отходы, которые соответствуют критериям вывода из-под регулирующего контроля, освобождения от регулирующего контроля или изъятия из-под регулирующего контроля в целях радиоактивной защиты, как описано в документе [6].
- 2) Очень короткоживущие отходы (VSLW / ОКЖО): отходы, которые могут находиться на хранении для распада в течение ограниченного периода времени - до нескольких лет, а затем выводиться из-под регулирующего контроля в соответствии с порядком, утвержденным регулирующим органом, для неконтролируемого захоронения, использования или сброса. Этот класс включает в себя отходы, содержащие в основном радионуклиды с очень коротким периодом полураспада, часто используемые для исследовательских и медицинских целей.
- 3) Очень низкоактивные отходы (VLLW / ОНАО): отходы, которые не обязательно соответствуют критериям OO, но которые не требуют высокого уровня локализации и изоляции и, следовательно, подходят для захоронения на установках приповерхностного захоронения (траншеи с земляной засыпкой) с ограниченным регулирующим контролем. Такие захоронения типа траншей с земляной засыпкой могут также содержать другие опасные отходы. Типичные отходы, относимые к этому классу, включают почвы и щебень с низким уровнем концентрации активности. Концентрации долгоживущих радионуклидов в ОНАО, как правило, очень ограничены.
- 4) Низкоактивные отходы (LLW / НАО): отходы, превышающие уровень вывода из-под регулирующего контроля, но с ограниченным объемом долгоживущих радионуклидов. Такие отходы требуют надежной изоляции и локализации на срок до нескольких сотен лет, они пригодны для захоронения в приповерхностных пунктах с инженерно-техническими барьерами. Этот класс охватывает очень широкий спектр отходов. НАО могут включать в себя короткоживущие радионуклиды с более высокими уровнями концентрации активности, а также долгоживущие радионуклиды, но только при относительно низких уровнях концентрации активности.
- 5) Среднеактивные отходы (ILW / САО): отходы, которые из-за своего содержания, особенно из-за содержания долгоживущих

---

<sup>4</sup> Термин «освобожденные от контроля отходы» был взят из предыдущей схемы классификации (см. сноску 3) в целях сохранения последовательности; однако сразу после того, как такие отходы выведены из-под регулирующего контроля, они больше не считаются радиоактивными отходами.



радионуклидов, требуют большей степени локализации и изоляции, чем это предусмотрено критериями приповерхностного захоронения. Тем не менее, САО не нуждаются в обеспечении или же нуждаются только в ограниченном обеспечении отвода тепла в процессе хранения и захоронения. САО могут содержать долгоживущие радионуклиды, в частности, альфа-излучающие радионуклиды, которые не распадаются до уровня концентрации активности, приемлемой для приповерхностного захоронения в течение периода времени, в который можно рассчитывать на меры ведомственного контроля. Таким образом, отходы этого класса требуют захоронения на больших глубинах, порядка от десятков до нескольких сотен метров.

- 6) Высокоактивные отходы (HLW / ВАО): отходы с достаточно высокими уровнями концентрации активности, чтобы генерировать значительное количество тепла в процессе радиоактивного распада, или отходы с большим объемом долгоживущих радионуклидов, которые необходимо учитывать при проектировании установки для захоронения таких отходов. общепризнанным вариантом захоронения ВАО является захоронение в стабильных глубоких геологических формациях, обычно на глубине в несколько сотен или более метров от поверхности.

2.3. Количественные значения допустимого содержания активности в отношении каждого значимого радионуклида определяются на основе оценки безопасности отдельных установок для захоронения (что выходит за рамки настоящего Руководства по безопасности).

## КЛАССЫ ОТХОДОВ

2.4. Концептуальная иллюстрация схемы классификации отходов представлена на рис. 1. Вертикальная ось представляет содержание активности<sup>5</sup> отходов, а горизонтальная ось – полураспад радионуклидов, содержащихся в отходах. В некоторых случаях, количество активности, а не концентрация активности, может быть использовано для определения класса отходов. Например, отходы, содержащие только очень небольшое количество определенных радионуклидов (например, бета-излучателей

---

<sup>5</sup> Термин «содержание активности» используется в силу в целом гетерогенного характера радиоактивных отходов; это общий термин, который включает концентрацию активности, удельную активность и совокупную активность.

низкой энергии) могут быть изъяты или выведены из-под регулирующего контроля.

2.5. Рассматривая вертикальную ось на рис. 1, уровень содержания активности может варьироваться от незначительного до очень высокого, то есть очень высокой концентрации радионуклидов или очень высокой удельной активности. Чем выше уровень содержания активности, тем больше необходимость в локализации отходов и их изолировании от биосферы. В нижней части вертикальной оси, ниже уровней освобождения от контроля, обращение с отходами может осуществляться без учета их радиологических свойств.

2.6. Рассматривая горизонтальную ось на рис. 1, период полураспада радионуклидов, содержащихся в отходах, может варьироваться от коротких (секунды) до весьма длительных периодов времени (миллионы лет). С точки зрения безопасности радиоактивных отходов радионуклид с периодом полураспада менее 30 лет считается короткоживущим. Полезно делать такое разграничение между отходами, содержащими преимущественно короткоживущие радионуклиды, и отходами, содержащими долгоживущие радионуклиды, потому что радиологические опасности, связанные с короткоживущими радионуклидами, значительно уменьшаются на протяжении нескольких сотен лет в результате радиоактивного распада. Может быть дана разумная степень гарантии того, что в пределах таких временных рамок могут осуществляться меры ведомственного контроля, обеспечивающие безопасность пунктов приповерхностного захоронения отходов, содержащих преимущественно короткоживущие радионуклиды. Установление пределов активности отходов (совокупной активности, удельной активности или концентрации активности), которые могут быть захоронены на данном конкретном пункте захоронения, зависит от радиологических, химических, физических и биологических свойств отходов и от конкретных содержащихся в них радионуклидов.

2.7. Более предметное обсуждение каждого класса отходов представлено в пунктах 2.8-2.31.

### **Освобожденные отходы (ОО)**

2.8. Освобожденные отходы содержат такие малые концентрации радионуклидов, что не требуют никаких мер радиационной защиты, независимо от того, осуществляется ли захоронение отходов в обычных

траншеях с земляной засыпкой, или же отходы рециклируются. Такой материал может быть выведен из-под регулирующего контроля и не требует дальнейших действий со стороны регулирующего контроля.

2.9. Жидкие или газообразные сбросы в окружающую среду при соответствующем регулирующем контроле в некоторой степени аналогичны выведенным из-под контроля отходам, поскольку сброшенный материал не требует дальнейших мер с точки зрения радиационной защиты и безопасности. Есть, однако, некоторые заметные различия в установлении ограничений на объемы разрешаемых выбросов, и в случае сброса, как правило, осуществляется подтверждающий экологический мониторинг [7].

2.10. В результате исследований, проведенных на национальном и международном уровнях, были выведены конкретные уровни концентрации активности радионуклидов для изъятия и освобождения от регулирующего контроля твердых материалов, и в документе [6] даются разъяснения и рекомендации по концепциям исключения, изъятия и

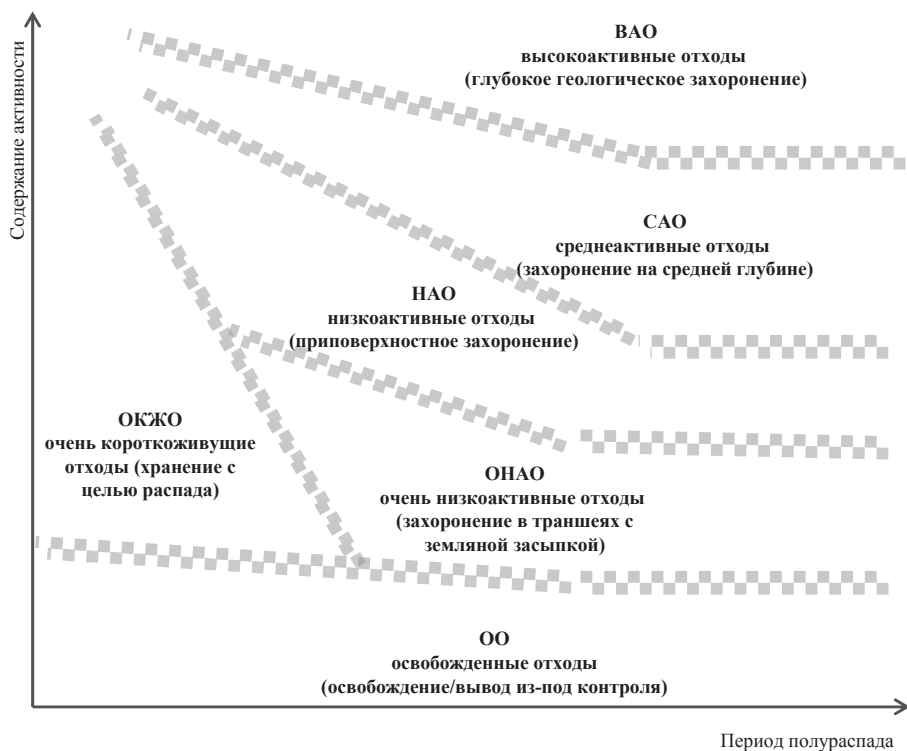


РИС. 1. Концептуальное представление схемы классификации отходов.

освобождения от регулирующего контроля. В документе [6] приведены значения концентрации активности радионуклидов как природного, так и искусственного происхождения, которые могут быть использованы регулирующим органом для определения того, когда не требуется, или более не требуется осуществление контроля над большими объемами твердых материалов.

2.11. Значения концентрации активности для искусственных радионуклидов выводятся на основе типовых сценариев рециклирования и захоронения отходов:

«Первичная радиологическая основа для определения значений концентрации активности, используемых для изъятия больших количеств материала и для освобождения от контроля, сводится к тому, что эффективные дозы, получаемые отдельными лицами, должны быть порядка 10 мкЗв или менее в год. Для учета возникновения маловероятных событий, приводящих к повышению радиационного облучения, использовался дополнительный критерий, а именно, эффективные дозы в результате таких маловероятных событий не должны превышать 1 мЗв в год. В этом случае учитывались также дозы на кожу; для данной цели использовался критерий эквивалентной дозы 50 мЗв в год на кожу. Этот подход соответствует методу, использованному при определении значений для изъятия, указанных в Приложении I ОНБ» [6].

Для радионуклидов природного происхождения был принят иной подход: эти значения были определены на основе верхнего уровня мирового распределения концентрации активности в почве [6].

2.12. Уровни концентрации активности для освобожденных отходов, которые отличаются от рекомендованных в документе [6], могут устанавливаться регулирующим органом в каждом отдельном случае, при условии учета конкретных национальных условий, которые значительно влияют на сценарии облучения, или определения конкретных требований или условий для изъятия или освобождения отходов от регулирующего контроля. Следует обратить внимание на любые возможные трансграничные последствия, если можно предположить, что соответствующий материал может быть экспортирован. Уровни концентрации активности, установленные регулирующим органом, находятся в сильной зависимости от условий, при которых может быть дано разрешение на изъятие или освобождение от регулирующего контроля.

2.13. Важной целью документа [6] является выработка консенсуса в отношении границ для безоговорочно изъятия или освобождения от регулирующего контроля материала, который может быть передан одним государством другому (например, для рециклирования или повторного использования) без постановки его под регулирующий контроль в целях радиационной защиты. Существование такого консенсуса значительно упростит процедуры изъятия и освобождения от контроля, а также считается, что это внесет свой вклад в повышение уровня общественного доверия к безопасности практической деятельности.

### **Очень короткоживущие отходы (ОКЖО)**

2.14. Очень короткоживущие отходы содержат только радионуклиды с очень коротким периодом полураспада, с концентрациями активности выше уровней освобождения от контроля. Такие отходы могут храниться до тех пор, пока активность не упадет ниже уровня освобождения от контроля, что позволит обращаться с освобожденными отходами как с нерадиоактивными. Примерами очень короткоживущих отходов являются отходы в результате использования источников с  $^{192}\text{Ir}$  и  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  и содержащие другие радионуклиды с коротким периодом полураспада отходы, образующиеся в результате промышленных и медицинских применений. Хотя настоящее Руководство по безопасности концентрирует внимание на классификации твердых радиоактивных отходов, следует отметить, что хранение с целью распада часто используется в рамках обращения с жидкими и газообразными отходами, содержащими радионуклиды с короткими периодами полураспада, которые находятся на хранении до тех пор, пока концентрация активности не упадет ниже уровней, применимых для сброса в окружающую среду.

2.15. Основными критериями для классификации отходов в качестве ОКЖО являются периоды полураспада преобладающих радионуклидов и приемлемость некоторых объемов радионуклидов с более длительными периодами полураспада. Поскольку предназначением хранения с целью распада в конечном итоге является освобождение материала от регулирующего контроля, приемлемые уровни концентрации радионуклидов с длительным периодом полураспада устанавливаются в зависимости от уровней освобождения от контроля. Границы для периодов полураспада преобладающих радионуклидов не могут быть определены в общем, потому что они зависят от предполагаемой продолжительности хранения и начальной концентрации активности отходов. Однако, в целом,

вариант хранения с целью распада применяется для отходов, содержащих радионуклиды с периодом полураспада порядка 100 дней или меньше.

2.16. Классификация отходов в качестве ОКЖО явно зависит от того момента времени, когда производится классификация этих отходов. В результате радиоактивного распада ОКЖО переводятся в класс освобожденных отходов. Таким образом, схема классификации не является фиксированной и зависит от конкретного состояния рассматриваемых отходов в момент оценки. Это отражает гибкость, которую дает радиоактивный распад для обращения с радиоактивными отходами.

### **Очень низкоактивные отходы (ОНАО)**

2.17. Значительные объемы отходов образуются при эксплуатации и выводе из эксплуатации ядерных установок с уровнями концентрации активности на уровне или чуть выше уровней, установленных для освобождения материала от регулирующего контроля. Другие такие отходы, содержащие природные радионуклиды, могут образовываться в результате добычи и переработки руд и полезных ископаемых. Обращение с такими отходами, в отличие от освобожденных отходов, требует учитывать аспекты радиационной защиты и безопасности, но при этом степень принятия необходимых мер ограничена по сравнению с мерами, необходимыми для отходов более высоких классов (НАО, САО или ВАО). Отходы, представляющие такую ограниченную опасность, но которые, тем не менее, выше или близки к уровням для освобожденных отходов, называют очень низкоактивными отходами.

2.18. Достаточный уровень безопасности для ОНАО может быть достигнут путем их захоронения в инженерных приповерхностных пунктах типа траншей с земляной засыпкой. Это обычная практика для отходов, образовавшихся в результате проведения некоторых работ по добыче руды, и для других содержащих природные радионуклиды отходов, образовавшихся в результате проведения различных операций, связанных с переработкой полезных ископаемых, а также в результате иных видов деятельности. Некоторые государства также используют этот метод захоронения для отходов с низким уровнем концентрации активности, образовавшихся на ядерных установках [8, 9]. По своей конструкции такие пункты захоронения варьируются от простых защитных покровов до более сложных систем захоронения, и, в общем, такие системы захоронения требуют осуществления активного и пассивного ведомственного контроля. Срок, в течение которого будет осуществляться ведомственный контроль,

должен быть достаточным, чтобы обеспечить уверенность в соблюдении критериев безопасности при захоронении отходов.

2.19. Для того, чтобы определить, можно ли отнести конкретный вид отходов в класс ОНАО, должны быть определены критерии приемлемости для инженерных приповерхностных пунктов захоронения типа траншей с земляной засыпкой. Это можно выполнить либо с использованием типовых сценариев, подобных тем, которые применяются при определении уровней изъятия и освобождения от регулирующего контроля, представленных в документе [6], либо путем проведения оценки безопасности конкретных установок в соответствии с процедурами, утвержденными регулирующим органом. Полученные критерии будут зависеть от реальных условий на площадке и от конструкции инженерно-технических сооружений, или, в случае использования типовых сценариев, от допущений, сделанных с учетом этих факторов. По этой причине в общем обоснованные критерии не могут быть определены в настоящем Руководстве по безопасности. Тем не менее, ожидается, что при умеренном уровне инженерно-технических решений и мер контроля в пункте захоронения с земляной засыпкой может безопасно разместить отходы, содержащие искусственные радионуклиды с уровнем концентрации активности на один или два порядка выше, чем уровни освобожденных отходов, отходов, содержащих короткоживущие радионуклиды, и отходов с ограниченной совокупной активностью. Это применимо до тех пор, пока ожидаемые дозы для населения находятся в пределах критериев, установленных регулирующим органом. В общем считается, что приемлемые уровни концентрации активности для отходов, содержащих природные радионуклиды, должны быть ниже, чем для отходов, содержащих искусственные радионуклиды, в связи с длительным периодом полураспада природных радионуклидов. В зависимости от факторов площадки и конструкции пункта захоронения все же возможно продемонстрировать безопасность отходов с более высокими уровнями концентрации активности.

2.20. Другим вариантом обращения с некоторыми видами входящих в этот класс отходов, например, пустая порода (хвосты) в результате добычи руды, может быть санкционированное использование этих материалов (например, для строительства дорог). В этом случае критерии могут быть выведены с использованием подходов, аналогичных тем, которые изложены в документе [6] для определения единого набора значений для освобождения от контроля (см. пункт 3.1. документа [6]).

## Низкоактивные отходы (НАО)

2.21. В предыдущих схемах классификации низкоактивные отходы определялись как радиоактивные отходы, которые не требуют экранирования (биологической защиты) при нормальном обращении и перевозке<sup>6</sup>. Радиоактивные отходы, в отношении которых требуется биологическая защита, но для которых требуется малый отвод или вообще не предусматривается отвода тепла, были классифицированы как среднеактивные отходы<sup>7</sup>. Для того, чтобы различать эти два класса отходов, обычно использовалась мощность дозы контактного излучения 2 мЗв/ч. Мощность дозы контактного излучения не используется для различия классов отходов в настоящей пересмотренной схеме классификации, основывающейся в первую очередь на критериях долгосрочной безопасности. Тем не менее, она остается вопросом, который должен учитываться при обработке и перевозке отходов, а также в целях обеспечения радиационной защиты при эксплуатации установок для обращения с отходами и пунктов захоронения, но не обязательно является определяющим фактором для долгосрочной безопасности установки для захоронения.

2.22. В схеме классификации, изложенной в настоящем Руководстве по безопасности, к низкоактивным отходам относятся отходы, которые подходят для приповерхностного захоронения. Этот вариант захоронения приемлем для отходов, которые содержат такое количество радиоактивного материала, что требуется надежная защитная оболочка и изоляция в течение ограниченных периодов времени, вплоть до нескольких сотен лет. Этот класс охватывает очень широкий спектр радиоактивных отходов. Они варьируются от радиоактивных отходов с уровнем содержания активности чуть выше, чем для ОНАО, то есть, не требующих экранирования или особенно прочной защитной оболочки и изоляции, до радиоактивных отходов с таким уровнем концентрации активности, что требуется экранирование и более надежная защитная оболочка и изоляция в течение периодов времени до нескольких сотен лет.

2.23. Поскольку НАО могут иметь широкий диапазон концентраций активности и содержать широкий спектр радионуклидов, существуют различные варианты конструкций пунктов приповерхностного захоронения.

---

<sup>6</sup> См. сноску 2.

<sup>7</sup> См. сноску 3.



Эти варианты конструкции могут варьироваться от простых до более сложных инженерно-технических сооружений, а также могут включать в себя захоронение на различных глубинах, как правило, от поверхности до 30 метров в глубину. Варианты зависят от оценок безопасности и национальной практики и подлежат утверждению регулирующим органом.

2.24. В НАО могут присутствовать низкие концентрации долгоживущих радионуклидов. Несмотря на то, отходы могут содержать высокие концентрации короткоживущих радионуклидов, их значительный радиоактивный распад будет происходить в период надежной локализации и изоляции, обеспеченных установкой, инженерно-техническими барьерами и ведомственным контролем. Классификацию отходов в качестве НАО следует поэтому относить к конкретным радионуклидам в отходах, и следует учитывать различные пути облучения, такие как пероральное поступление (например, в случае долгосрочной миграции радионуклидов в доступную биосферу на этапе после закрытия пункта захоронения) и ингаляция (например, в случае проникновения человека на площадку с отходами). Таким образом, радиоактивные отходы, пригодные для приповерхностного захоронения и захоронения на средних глубинах, могут, в большинстве случаев, быть дифференцированы с учетом необходимости осуществления контроля в течение определенных периодов времени, в которые может быть гарантирован ведомственный контроль и тем самым может быть предотвращено проникновение человека на площадку с отходами. Пригодность установок для захоронения определенного физического количества отходов должна быть продемонстрирована в рамках обоснования безопасности этих установок [5].

2.25. Во многих странах считается, что на ведомственный контроль можно полагаться в течение периода приблизительно до 300 лет. При таком допущении граничные значения для низкоактивных отходов по уровню концентрации активности могут быть получены путем оценки доз облучения, полученных лицами по истечении такого периода ведомственного контроля. Особая ситуация возникает в отношении отходов, образующихся в результате добычи и обогащения урановой руды и других материалов, содержащих значительные количества радионуклидов природного происхождения, содержание активности которых за такие сроки существенно не уменьшится. Поскольку обращение с такими отходами в пунктах приповерхностного захоронения во многих случаях является единственным практическим вариантом, должны быть обеспечены более длительные периоды осуществления ведомственного контроля с периодическими анализами безопасности установки.

2.26. Четкого разграничения между НАО и среднеактивными отходами (САО) представлено быть не может, поскольку ограничения по допустимому уровню концентрации активности будут отличаться между отдельными радионуклидами или группами радионуклидов. Критерии приемлемости отходов для конкретного приповерхностного захоронения зависят от фактических аспектов проектирования и планирования установки (например, инженерно-технических барьеров, продолжительности ведомственного контроля, факторов, присущих конкретной площадке). Ограничения по уровням концентрации активности долгоживущих радионуклидов в отдельных упаковках отходов могут быть дополнены ограничениями по средним уровням концентрации активности или простыми эксплуатационными методами, такими как размещение упаковок отходов с более высокими уровнями концентрации активности на отдельных выбранных участках в пределах пункта захоронения. Регулирующий орган может предоставить ограничивающие уровни концентрации активности для НАО на основе типовых характеристик площадки и типовых проектов установки, а также на основе указанных периодов ведомственного контроля и пределов индивидуальных дозовых нагрузок.

2.27. Регулирующему органу следует установить пределы для захоронения долгоживущих радионуклидов на основе оценки безопасности конкретных пунктов захоронения. В некоторых государствах был принят предел для долгоживущих альфа-излучающих радионуклидов, составляющий в среднем 400 Бк/г (до 4000 Бк/г для отдельных упаковок) [10-12]. Для долгоживущих бета- и/или гамма-излучающих радионуклидов, таких как  $^{14}\text{C}$ ,  $^{36}\text{Cl}$ ,  $^{63}\text{Ni}$ ,  $^{93}\text{Zr}$ ,  $^{94}\text{Nb}$ ,  $^{99}\text{Tc}$  и  $^{129}\text{I}$ , допустимые средние концентрации активности могут быть значительно выше (до десятков килобеккерелей на грамм) и могут зависеть от конкретной и установки для захоронения.

### **Среднеактивные отходы (САО)**

2.28. Среднеактивные отходы определяются как отходы, содержащие долгоживущие радионуклиды в количествах, которые требуют большей степени локализации и изоляции от биосферы, чем обеспечивается в случае приповерхностного захоронения. Захоронение на установке на глубине от нескольких десятков до нескольких сотен метров предназначено для САО. Захоронение на таких глубинах имеет возможность обеспечения длительного периода изоляции от доступной среды, при условии, что оба типа барьеров системы захоронения – естественные и инженерно-технические - выбраны правильно. В частности, обычно на таких глубинах в краткосрочной и среднесрочной перспективе не происходит вредного

воздействия эрозии. Еще одним важным преимуществом захоронения на средних глубинах является то, что по сравнению с подходящими для НАО установками приповерхностного захоронения вероятность случайного вмешательства человека значительно снижается. Следовательно, долгосрочная безопасность установок захоронения на таких средних глубинах не будет зависеть от применения ведомственного контроля.

2.29. Как указано в пункте 2.26, граница между классами НАО и САО не может быть определена общим образом по отношению к уровням концентрации активности, поскольку допустимые уровни зависят от конкретной фактической установки для захоронения отходов и обоснования ее безопасности и вспомогательной оценки безопасности. В целях информации можно сказать, что до создания установок для захоронения САО регулирующий орган может определять, что некоторые виды отходов относятся к НАО или к САО на основе типовых обоснований безопасности.

### **Высокоактивные отходы (ВАО)**

2.30. Высокоактивные отходы определяются как отходы, которые содержат такие высокие концентрации как короткоживущих, так и долгоживущих радионуклидов, что по сравнению с САО для обеспечения долгосрочной безопасности они требуют большей степени локализации и изоляции от доступной окружающей среды. Такие локализация и изоляция обычно обеспечиваются целостностью и стабильностью глубоких геологических систем захоронения, дополненных инженерно-техническими барьерами. ВАО генерируют значительное количество тепла в результате радиоактивного распада и обычно продолжают генерировать тепло в течение нескольких столетий. Тепловыделение является важным фактором, который необходимо принимать во внимание при проектировании установок геологического захоронения.

2.31. ВАО обычно имеют уровни концентрации активности<sup>8</sup> в диапазоне  $10^4$ - $10^6$  ТБк/м<sup>3</sup> (например, для свежего отработавшего топлива энергетических реакторов, которые некоторые государства считают радиоактивными отходами). ВАО включают кондиционированные

---

<sup>8</sup> В предыдущей системе классификации (см. сноску 3) приводилась соответствующая тепловая мощность 2-20 кВт/м<sup>3</sup>. Уровень тепловой мощности не указывается в настоящем Руководстве по безопасности, поскольку это является аспектом подробного рассмотрения при демонстрации безопасности установок геологического захоронения.

отходы, получаемые в результате переработки отработавшего топлива вместе с любыми другими отходами, требующими сопоставимой степени локализации и изоляции. Во время захоронения после нескольких десятилетий охлаждения отходы, содержащие такие смешанные продукты деления, как правило, имеют уровни концентрации активности около  $10^4$  ТБк/м<sup>3</sup>. В целях информации можно сказать, что до создания установок для захоронения ВАО национальные компетентные органы могут определять, что некоторые виды отходов относятся к САО или к ВАО на основе типовых обоснований безопасности.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ СООБРАЖЕНИЯ

2.32. Если используется схема классификации, то должны быть приняты во внимание конкретные виды и свойства радиоактивных отходов. Точные критерии, по которым отходам присваивается определенный класс, будут зависеть от конкретной ситуации в государстве в части характера отходов, имеющихся вариантов захоронения или вариантов захоронения, находящихся на стадии рассмотрения. Одним из важных видов отходов, который требует особого рассмотрения, являются отработавшие (изъятые из употребления) закрытые источники. Другой важный вид отходов, требующий особого внимания, – это отходы, содержащие повышенные уровни радионуклидов природного происхождения, с учетом появления больших количеств таких отходов и использования различных принятых подходов к регулированию. В Приложении III дается обзор важнейших видов радиоактивных отходов и приводятся особые соображения, которые необходимо учитывать при использовании схемы классификации для этих различных видов отходов. Рисунок 2 представляет собой логическую диаграмму, иллюстрирующую использование схемы классификации для оказания помощи в определении вариантов захоронения, разъясняемых далее в Приложении III.

2.33. Хотя выделение тепла является характерной чертой ВАО, другие отходы также могут генерировать тепло, хотя и на более низких уровнях. Количество выделенного тепла зависит от вида и количества радионуклидов, содержащихся в отходах (например, периода полураспада, энергии распада, концентрации активности и совокупной активности). Кроме того, очень важным является учет отвода тепла (например, теплопроводность, геометрия хранения и вентиляция). Таким образом, значимость тепловыделения не может быть определена с помощью только одного параметра. Воздействие тепловыделения может отличаться по

величине на несколько порядков, в зависимости от влияющих факторов и имеющихся методов отвода тепла. Фактор управления остаточным теплом следует рассматривать в случае, если тепловая мощность упаковок отходов достигает нескольких ватт на кубический метр. Могут быть применены более ограничивающие значения, в частности, в случае наличия отходов, содержащих долгоживущие радионуклиды.

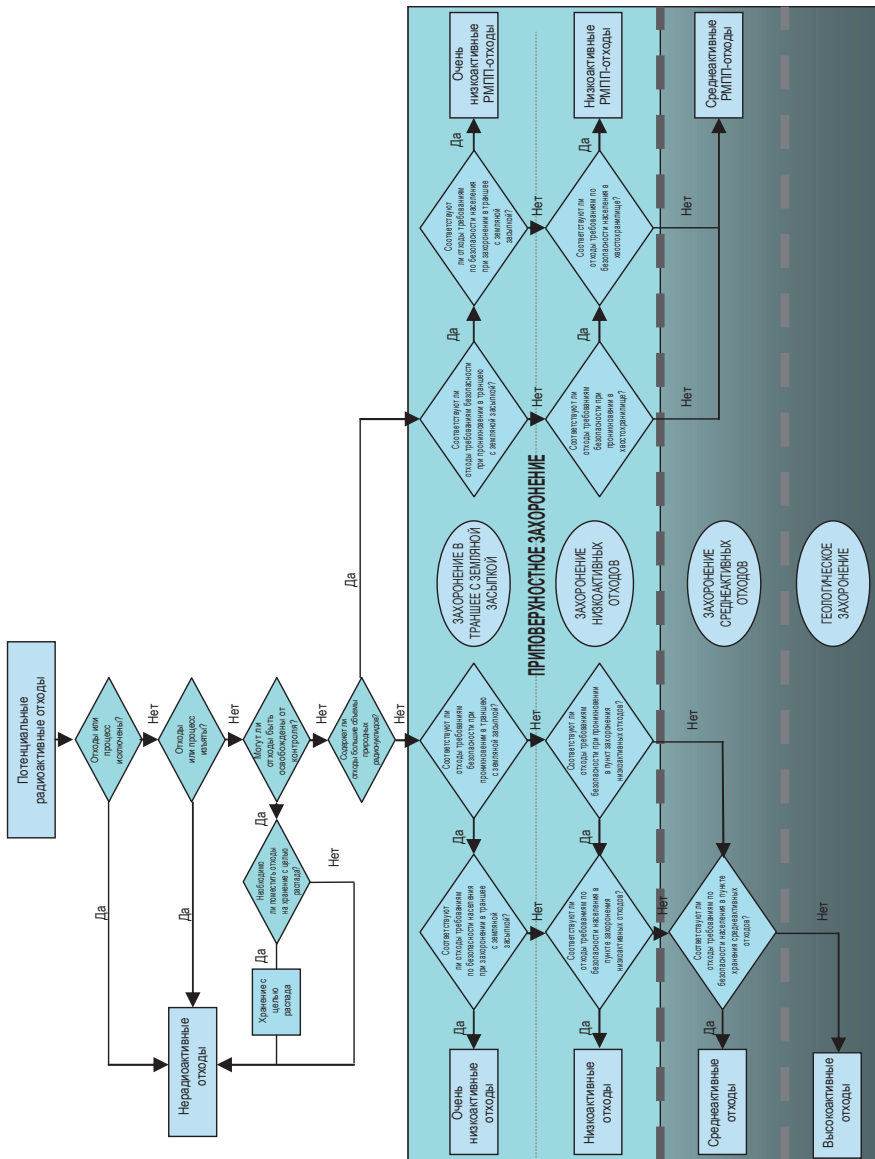


РИС. 2 Иллюстрация использования схемы классификации.



## Дополнение

### КЛАССИФИКАЦИЯ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ

А.1. Схемы для классификации радиоактивных отходов могут быть разработаны на различных основах, таких как эксплуатационная или долгосрочная безопасность, требования технологических процессов, наличие установок для обращения с отходами или установок для захоронения или источники образования отходов. Обсуждение различных целей схем классификации радиоактивных отходов и подходов к ним приводится в Приложении II. В настоящем Руководстве по безопасности внимание прежде всего уделяется вопросам долгосрочной безопасности при обращении с отходами, поскольку это самый важный аспект в большинстве случаев, предполагающих длительное хранение и захоронение. Такой подход не исключает рассмотрения других аспектов, таких, как охрана труда, которые имеют отношение к обращению отходами при эксплуатации.

А.2. Классификация радиоактивных отходов может быть полезна при планировании установки для захоронения, а также на любом этапе между образованием сырьевых отходов и до их захоронения. Это поможет в следующем.

- На концептуальном уровне:
  - в разработке стратегии обращения с отходами;
  - при планировании и проектировании пунктов обращения с отходами;
  - при направлении радиоактивных отходов на кондиционирование по конкретному методу или на установку для захоронения.
- На нормативно-правовом уровне:
  - в разработке законодательства;
  - при установлении регулирующих требований и критериев.
- На эксплуатационном уровне:
  - для определения эксплуатационной деятельности и организации работ, которые будут проводиться с отходами;
  - для предоставления подробной информации о возможных опасностях, связанных с различными видами радиоактивных отходов;
  - для облегчения ведения учетных документов.
- В рамках обмена информацией:
  - для предоставления широко используемых терминов и сокращений в целях улучшения обмена информацией между всеми сторонами, заинтересованными в обращении с радиоактивными отходами,

в том числе между производителями радиоактивных отходов и руководителями организаций, занимающихся обращением с радиоактивными отходами, регулирующими органами и населением.

А.3. Для удовлетворения всех этих целей идеальная схема классификации радиоактивных отходов должна соответствовать выполнению ряда задач, а именно:

- охватывать весь спектр видов радиоактивных отходов;
- использоваться на всех этапах обращения с радиоактивными отходами и быть в состоянии решать все вопросы, касающиеся взаимной зависимости между ними;
- соотносить классы радиоактивных отходов с соответствующими потенциальными опасностями для нынешнего и будущих поколений;
- быть достаточно гибкой для удовлетворения конкретных потребностей;
- быть простой и легкой для понимания;
- быть принятой всеми сторонами в качестве общей основы для определения характеристик отходов, в том числе регулирующими органами, операторами и другими заинтересованными сторонами;
- быть как можно более широко применимой.

А.4. Понятно, что невозможно разработать уникальную схему классификации, удовлетворяющую в полном объеме все эти задачи одновременно. Например, схема классификации не может в одно и то же время быть универсально применимой и по-прежнему отражать тонкости всех этапов обращения с радиоактивными отходами. Необходимо будет найти компромиссное решение для обеспечения простоты, гибкости и широкой применимости схемы. При разработке схемы классификации:

- определение классов отходов должно быть разработано на надежной технической основе, должно быть четким и легко понятным;
- общий характер и применимость схемы классификации должны быть четко понятны;
- число классов должно быть таким, чтобы достичь баланса между желаемым уровнем дифференциации видов отходов и легкостью работы со схемой классификации.

А.5. Схема классификации, разработанная в настоящей публикации, предназначена для обеспечения основы для определения классов отходов в рамках национальных стратегий обращения с отходами и использования в



качестве инструмента для облегчения обмена информацией по безопасности радиоактивных отходов. Границы между классами не следует рассматривать как жесткие линии, это скорее переходные зоны, точное определение которых будет зависеть от конкретной ситуации в каждом государстве (пример приводится в документе [12]). Схема классификации предназначена для охвата всех видов радиоактивных отходов. Следовательно, классы отходов не могут быть определены с точки зрения всех конкретных свойств отходов на этом базовом уровне. Скорее здесь представлены общие концепции для определения классов отходов, на основе которых будут выведены конкретные критерии для различных видов отходов. Важным также является, когда и как материал заявляется в качестве отходов, то есть становится материалом, в отношении которого не предполагается дальнейшее использование, и механизмы и процедуры, связанные с такого рода заявлением, должны быть утверждены регулирующим органом.

А.6. Схема классификации, разработка которой представлена в настоящей публикации, базируется в основном на соображениях долгосрочной безопасности и может применяться для всех видов деятельности по обращению отходами. Отнесение отходов к конкретному классу отходов не зависит от фактически осуществляемой деятельности, кроме случаев, когда предполагается захоронение. Тем не менее, в отношении некоторых этапов обращения с отходами (например, переработка, перевозка и хранение) может потребоваться более подробная классификация. Это может быть выражено посредством введения подклассов для общих классов отходов, представленных в настоящей публикации. Аспекты, которые могут быть учтены при разработке более детальной схемы классификации для конкретной деятельности по обращению с отходами, рассматриваются в Приложении II.

А.7. Схема классификации не предназначена – и не может быть предназначена – для замены конкретной оценки безопасности, необходимой в отношении установок для обращения с радиоактивными отходами или соответствующей деятельности. Варианты обращения с отходами, которые отличаются от указанных в типовой схеме классификации отходов, также могут быть определены в качестве безопасных и жизнеспособных на основе конкретных оценок безопасности.

А.8. Основное внимание для определения классов отходов в настоящей публикации уделяется долгосрочной безопасности. Отходы классифицируются в зависимости от степени локализации и изоляции, требуемой для обеспечения их безопасности в долгосрочной перспективе

с учетом потенциальной опасности различных видов отходов. Это отражает дифференцированный подход к достижению безопасности, поскольку классификация отходов осуществляется на основе характеристик практической деятельности или источника с учетом масштабов и вероятности облучения.

А.9. Параметрами, используемыми в схеме классификации, являются уровни содержания активности отходов и периоды полураспада содержащихся в отходах радионуклидов с учетом опасностей, связанных с различными радионуклидами и видами излучения. Уровни активности могут быть выражены через совокупную активность отходов, концентрации активности или удельную активность, в зависимости от рассматриваемого вида отходов. Эти параметры не используются для представления точных количественных границ между классами отходов. Скорее, они используются для указания серьезности опасности, связанной с конкретными видами отходов.

А.10. Для определения критериев в отношении различных классов отходов необходимо учитывать вид отходов. Например, критерии, выраженные в единицах совокупной активности или уровня концентрации активности, что подходит для больших объемов отходов, в целом не являются адекватными для классификации изъятых из употребления закрытых источников. Следовательно, в ходе реализации схемы классификации будет необходимо принимать во внимание конкретные характеристики потенциальной опасности, которую представляет собой отходы.

А.11. Критерии доз излучения, используемые для обращения с отходами, содержащими природные радионуклиды, могут отличаться от критериев, используемых в отношении отходов, образующихся на ядерных установках, и могут быть разработаны на основе соображений оптимизации защиты. Такие различия могут влиять на варианты захоронения, выбранные для больших объемов отходов, содержащих природные радионуклиды, таких как хвосты - отходы от добычи и переработки полезных ископаемых.

А.12. Схема классификации, представленная в настоящей публикации, основана на аспектах безопасности обращения с отходами, в частности, на аспектах безопасности захоронения. Тем не менее, признается важность аспектов физической безопасности обращения с радиоактивными отходами. Хотя аспект физической безопасности в целом не рассматривается при определении классов отходов, аспекты безопасности и физической безопасности при обращении с отходами в целом совместимы,

поскольку отходы с более высокими концентрациями активности и более долгоживущими радионуклидами подлежат захоронению при условии обеспечения большей степени локализации и изоляции. Тем не менее, существенная разница в аспектах безопасности и физической безопасности обращения с отходами может возникнуть в отношении отходов, содержащих преимущественно короткоживущие радионуклиды. Исходя из соображений физической безопасности, степень локализации и изоляции, необходимая для обеспечения безопасности в краткосрочной перспективе, скорее всего, будет выше, чем степень локализации и изоляции, необходимая в долгосрочной перспективе.

А.13. Степень локализации и изоляции, рассчитанная на долгосрочную перспективу, различна и зависит от выбранного варианта захоронения. Схема классификации, изложенная в настоящей публикации, основана на соображениях долгосрочной безопасности, обеспечиваемой различными уже принятыми или планируемыми вариантами захоронения радиоактивных отходов. В схеме классификации учитываются следующие варианты обращения с радиоактивными отходами, по мере повышения степени локализации и изоляции в долгосрочной перспективе:

- изъятие или освобождение от регулирующего контроля;
- хранение с целью распада;
- захоронение в поверхностных установках с земляной засыпкой с инженерно-техническими барьерами;
- захоронение в установках типа траншей, бункеров или неглубоких скважин с инженерно-техническими барьерами на поверхности или на глубинах до нескольких десятков метров;
- захоронение в установках с инженерно-техническими барьерами на средних глубинах от нескольких десятков метров до нескольких сотен метров (включая существующие пустоты) и захоронение в скважинах малого диаметра;
- захоронение в установках с инженерно-техническими барьерами, расположенных в глубоких стабильных геологических формациях на глубинах в несколько сотен метров или более.

Глубина захоронения – это только один из факторов, которые будут влиять на пригодность конкретной установки для захоронения; будут применяться все требования безопасности для захоронения, как установлено в документе [5].



## СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

- [1] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Обращение с радиоактивными отходами перед захоронением, Серия норм МАГАТЭ по безопасности, № GSR Part 5, МАГАТЭ, Вена (2010).
- [2] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Joint Convention on the Safety of Spent Fuel Management and on the Safety of Radioactive Waste Management, IAEA International Law Series No. 1, IAEA, Vienna (2006).
- [3] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Categorizing Operational Radioactive Wastes, IAEA–TECDOC-1538, IAEA, Vienna (2007).
- [4] АГЕНТСТВО ПО ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГИИ ОЭСР, ВСЕМИРНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ, ЕВРОПЕЙСКОЕ СООБЩЕСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, МЕЖДУНАРОДНАЯ МОРСКАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ, МЕЖДУНАРОДНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ТРУДА, МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, ПАНАМЕРИКАНСКАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ, ПРОГРАММА ОРГАНИЗАЦИИ ОБЪЕДИНЕННЫХ НАЦИЙ ПО ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ, ПРОДОВОЛЬСТВЕННАЯ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ОБЪЕДИНЕННЫХ НАЦИЙ, Основополагающие принципы безопасности, Серия норм МАГАТЭ по безопасности, № SF-1, МАГАТЭ, Вена (2007).
- [5] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Geological Disposal of Radioactive Waste, IAEA Safety Standards Series No. WS-R-4, IAEA, Vienna (2006).
- [6] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Применение концепций исключения, изъятия и освобождения от контроля, Серия норм МАГАТЭ по безопасности, № RS-G-1.7, МАГАТЭ, Вена (2006).
- [7] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Регулирующий контроль радиоактивных сбросов в окружающую среду, Серия норм МАГАТЭ по безопасности, № WS-G-2.3, МАГАТЭ, Вена (2005).
- [8] AUTORITÉ DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE, Joint Convention on the Safety of Spent Fuel Management and on the Safety of Radioactive Waste Management: Second National Report on Implementation by France of its Obligations under the Convention, ASN, Paris (2005).
- [9] INTERNATIONAL AFFAIRS OFFICE, NUCLEAR AND INDUSTRIAL SAFETY AGENCY, Joint Convention on the Safety of Spent Fuel Management and on the Safety of Radioactive Waste Management: National Report of Japan for the Second Review Meeting, METI, Tokyo (2005).
- [10] Code of Federal Regulations, Title 10, Part 61, “Licensing Requirements for Land Disposal of Radioactive Waste”, 1992.
- [11] FRENCH MINISTRY FOR INDUSTRY AND RESEARCH, Surface Centres for Long Term Disposal of Radioactive Waste with Short or Medium Half-Life and with Low or Medium Specific Activity, Basic Safety Regulations, Regulation No. I.2., Paris (1984).
- [12] KIM, J.I., et al., German approaches to closing the nuclear fuel cycle and final disposal of HLW, “Corrosion Behavior of Spent Fuel” (Proc. Int. Workshop Überlingen, 1995), J. Nucl. Mater. **238** (1996) 1–10.



## Приложение I

### РАЗВИТИЕ НОРМ МАГАТЭ ПО КЛАССИФИКАЦИИ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ

I-1. Публикации по классификации радиоактивных отходов были ранее изданы МАГАТЭ в 1970<sup>9</sup> и 1981 годах<sup>10</sup>. Как правило, радиоактивные отходы делились на три класса: 1) высокоактивные отходы (ВАО); 2) среднеактивные отходы (САО); или 3) низкоактивные отходы (НАО). В последней публикации в классах САО и НАО также было разграничение между отходами, содержащими короткоживущие радионуклиды, и отходами, содержащими долгоживущие радионуклиды, а также отходами, содержащими альфа-излучающие радионуклиды. Эта схема классификации оказалась полезной для общих целей, тем не менее, в схеме были выявлены ограничения. В частности, в схеме классификации отсутствовала полная логически последовательная связь с аспектами безопасности обращения с радиоактивными отходами, особенно при захоронении.

I-2. С целью устранения этих ограничений и улучшения обмена информацией в 1994 году<sup>11</sup> МАГАТЭ опубликовало измененную схему классификации. В качестве основы для этой схемы были выделены и использованы три основных класса отходов.

- Отходы, которые содержат такую низкую концентрацию радионуклидов, что они могут быть изъяты (освобождены от требований) регулирующего контроля, а радиологическая опасность ничтожно мала.
- Отходы, которые содержат такое количество радиоактивного материала, что требуются меры по обеспечению защиты работников и населения либо в течение коротких либо в течение длительных периодов времени. Этот класс охватывает очень широкий спектр радиоактивных отходов, начиная с радиоактивных отходов с уровнями чуть выше уровней изъятия, которые не требуют экранирования или особой локализации, до радиоактивных отходов, которые содержат такие высокие уровни активности, что необходимы экранирование и, возможно, обеспечение отвода тепла. Для таких отходов требуется целый ряд методов захоронения.

---

<sup>9</sup> См. сноску 1.

<sup>10</sup> См. сноску 2.

<sup>11</sup> См. сноску 3.

- Отходы, которые содержат такие высокие уровни радиоактивного материала, что требуется высокая степень изоляции от биосферы, обычно путем геологического захоронения, в течение длительных периодов времени. В отношении таких отходов обычно требуются как экранирование, так и обеспечение отвода тепла.



## Приложение II

### МЕТОДЫ КЛАССИФИКАЦИИ

II-1. Основы для разработки схем классификации радиоактивных отходов могут быть различными, такими как безопасность или аспекты регулирования, или требования технологического процесса. В настоящем приложении содержится обсуждение различных целей схем классификации радиоактивных отходов и подходов к ним.

II-2. Схемы классификации радиоактивных отходов могут быть установлены на различных уровнях и для различных целей. Схема классификации может быть определена на международном уровне, на национальном уровне или на уровне оператора. Ее перспективы и цели будут соответственно отличаться в плане рассмотрения, например, аспектов безопасности, происхождения и характеристик отходов, инженерно-технических требований или регулирующего контроля.

II-3. Подход к классификации будет зависеть от цели схемы классификации радиоактивных отходов. Одним из основных подходов к классификации является простое качественное описание отдельных классов, в соответствии с которым используются общие характеристики радиоактивных отходов в качестве основных критериев для классификации. Тем не менее, даже для этого качественного подхода к классификации могут быть также полезны численные значения для характеристики широких диапазонов или порядков значений. Еще один основной подход к классификации - использование количественных критериев, в соответствии с которым для определения классов отходов указываются численные значения.

II-4. Подход, описанный в разделе 2 настоящего Руководства по безопасности, базируется в основном на аспектах долгосрочной безопасности захоронения отходов, но может использоваться на различных этапах обращения с отходами. Разумно использовать захоронение в качестве основы для схемы классификации в целях обеспечения совместимости и согласованности на различных этапах обращения с отходами.

II-5. Должно быть проведено четкое различие между схемой классификации и сводом регулирующих ограничений. Целью классификации является обеспечение того, что обращение с отходами осуществляется безопасным и экономически обоснованным образом в рамках национальных стратегий, и обеспечение содействия обмену информацией, в то время как целью

регулирующих ограничений является обеспечение безопасности каждой лицензированной установки и вида деятельности. Таким образом, разработка четких пределов и ограничений должна осуществляться в рамках нормативно-правовой базы лицензирования или выдачи разрешений на конкретные виды деятельности по обращению с радиоактивными отходами и на конкретные установки для обращения с радиоактивными отходами. Регулирующий орган государства устанавливает фактические пределы на количества или концентрации для классификации радиоактивных отходов. Хотя схема классификации отходов может быть полезной для общих соображений безопасности, она не является заменой для конкретных оценок безопасности, которые выполняются для фактических установок и в которые входит доброкачественное определение характеристик радиоактивных отходов.

## КАЧЕСТВЕННАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ

II-6. Существуют «естественные» схемы классификации, например, классификация отходов в соответствии с их происхождением. Пример такой схемы качественной классификации приведен в Приложении III. Хотя такая схема удобна для ведения учетных документов и представления уведомлений в регулирующий орган, она не отвечает многим из задач, перечисленным в пункте А.3 Дополнения. Кроме того, характеристики, связанные с безопасностью отходов в данном классе, могут широко отличаться, и в отношении отходов в рамках одного класса могут потребоваться различные виды обработки.

II-7. Другой «естественной» схемой классификации является дифференциация радиоактивных отходов в соответствии с их физической формой, то есть твердые, жидкие или газообразные. Происхождение этой схемы связано с потребностями технологии производства для переработки различных отходов, а схема часто уточняется, с тем чтобы соответствовать отдельным системам обработки отходов. Схема классификации этого типа следует техническим потребностям и возможностям и, следовательно, как правило, является характерной для данной конкретной установки. Она, однако, может включать соображения безопасности, такие как меры по радиационной защите, необходимые для классов радиоактивных отходов с более высокой потенциальной радиологической опасностью.

II-8. В схеме классификации, предложенной в 1994 году<sup>11</sup>, было три основных класса отходов: освобожденные отходы, низко- и среднеактивные

отходы (подразделяются на короткоживущие отходы и долгоживущие отходы) и высокоактивные отходы. Границы между классами отходов были определены с учетом порядков величины уровней активности.

II-9. Различные государства используют различные схемы классификации. В Соединенных Штатах Америки, например, отходы, относящиеся к классу низкого и среднего уровня, делятся на четыре подкласса [II-1]. Некоторые государства имеют класс очень низкоактивных радиоактивных отходов [II-2, II-3]. Во многих государствах делается дальнейшее разграничение на основе периода полураспада радионуклидов в отходах, по физической форме отходов и с учетом других факторов [II-4].

## КОЛИЧЕСТВЕННАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ

II-10. Часто классификация радиоактивных отходов связана с аспектами безопасности при обращении с рассматриваемыми отходами. Такая схема классификации, соответственно, обеспечивает связь между характеристиками отходов и целями безопасности, которые были определены регулирующим органом или оператором установки для обращения с отходами. Поскольку критерии безопасности в основном сформулированы в виде численных значений, требуется количественный подход к классификации. Количественные критерии для схемы классификации радиоактивных отходов могут быть представлены в виде уровней концентрации активности, периодов полураспада радионуклидов в отходах, тепла, выделяемого отходами, и/или доз или мощности дозы излучения. Для получения схемы количественной классификации используется такая процедура, которая изложена в пунктах II-11 – II-17.

II-11. Первым шагом в разработке схемы количественной классификации является определение целей схемы классификации, поскольку в данной схеме классификации могут рассматриваться только отдельные аспекты обращения с радиоактивными отходами. Решение о целях схемы классификации основывается на таких аспектах, как:

- вид радиоактивных отходов;
- рассматриваемая установка или вид деятельности;
- имеющиеся варианты обработки;
- цели безопасности, которые должны быть достигнуты;
- соответствующие социально-экономические факторы;
- потребности в обмене информацией.

II-12. Вторым шагом является определение аспектов, которые должны быть учтены в схеме, например:

- облучение персонала;
- облучение населения;
- загрязнение окружающей среды;
- безопасность по критичности;
- нормальные условия или аварийные условия;
- тепло, выделяемое отходами;
- аспекты технологического процесса.

II-13. Для некоторых аспектов, перечисленных в пункте II-12, могут существовать регулирующие или технические ограничения, которые должны приниматься во внимание. Примерами таких ограничений являются:

- пределы и требования, установленные регулирующим органом;
- характеристики самих отходов, таких как образующийся за год объем, общий объем генерации и спектр радионуклидов и их концентрации;
- конкретные условия на установке (например, формы отходов или принятые упаковки отходов, технологическая часть проекта);
- эксплуатационные пределы;
- пути или сценарии, предписанные для оценок безопасности;
- конкретные условия на площадке (например, для захоронения отходов, геологические, гидрогеологические и климатические характеристики площадки могут ограничить выбор площадки для захоронения или вида отходов, которые могут быть захоронены на площадке);
- социальные или политические аспекты;
- юридические определения и требования.

Эти факторы могут накладывать ограничения на выбор и разработку схемы классификации и, следовательно, их влияние должно быть оценено прежде, чем могут быть получены схемы классификации.

II-14. После установления основы для классификации, третий шаг предполагает выбор параметров, которые будут использоваться для классификации отходов. Важные характеристики отходов, которые могут быть использованы в качестве параметров для классификации, приведены в Таблице II-1.

II-15. Затем в четвертом шаге должны быть оценены возможные сценарии, варианты проектов установки и конкретные условия на площадке с целью оценки их пригодности в качестве параметров для классификации. Что касается НАО, в документе [II-4] приводится обсуждение возможных сценариев.

II-16. Когда выбран набор параметров классификации, задаются интервалы численных значений или, наоборот, качественные характеристики в качестве пределов для различных классов. Распределение отходов по этим классам укажет, является ли созданная схема классификации, приемлемой.

II-17. Как правило, шаги, описанные в пунктах II-11 – II-16 многократно повторяются, пока не будет достигнут удовлетворительный результат.

## ТАБЛИЦА П-1. ВАЖНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ, КОТОРЫЕ МОГУТ БЫТЬ ИСПОЛЬЗОВАНЫ В КАЧЕСТВЕ ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ КЛАССИФИКАЦИИ

---

Происхождение

Критичность

Радиологические свойства:

- периоды полураспада радионуклидов
- выделение тепла
- интенсивность проникающего излучения
- концентрации активности радионуклидов
- поверхностное загрязнение
- дозовые факторы соответствующих радионуклидов
- продукты распада

Физические свойства:

- физическая форма (твердые, жидкие или газообразные)
- размеры и вес
- прессуемость
- дисперсность
- летучесть
- смешиваемость
- свободное содержание жидкости

Химические свойства:

- химический состав
- растворимость и хелатообразователи
- потенциальная химическая опасность
- устойчивость к коррозии / коррозионная активность
- органическое содержание
- горючесть и воспламеняемость
- химическая реактивность и возможность распухания
- образование газов
- поглощение радионуклидов

Биологические свойства:

- потенциальные биологические опасности
- бионакопление

Другие факторы:

- объем
  - объем, образующийся за единицу времени
  - физическое распределение
-

## СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ К ПРИЛОЖЕНИЮ II

- [II-1] Code of Federal Regulations, Title 10, Part 61, “Licensing Requirements for Land Disposal of Radioactive Waste”, 1992.
- [II-2] AUTORITÉ DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE, Joint Convention on the Safety of Spent Fuel Management and on the Safety of Radioactive Waste Management: Second National Report on Implementation by France of its Obligations under the Convention, ASN, Paris (2005).
- [II-3] MINISTRY OF INDUSTRY, TOURISM AND TRADE (MITYC), Joint Convention on the Safety of Spent Fuel Management and on the Safety of Radioactive Waste Management, October 2008, Third Spanish National Report.
- [II-4] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Оценка безопасности приповерхностного захоронения радиоактивных отходов, Серия норм МАГАТЭ по безопасности, № WS-G-1.1, МАГАТЭ, Вена (2002).

## Приложение III

### ПРОИСХОЖДЕНИЕ И ВИДЫ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ

III-1. Многие виды деятельности, связанные с использованием радионуклидов, и производство ядерной энергии, включая все этапы ядерного топливного цикла, приводят к образованию радиоактивных отходов. Радиоактивные отходы могут также образовываться в результате проведения других видов деятельности, таких как медицинское или промышленное использование радиоизотопов и закрытых радиоактивных источников, а также в результате реализации программ по обороне и вооружениям, в результате обработки (в основном в крупных объемах) минеральных руд или других материалов, содержащих природные радионуклиды, с которыми в некоторых случаях необходимо обращаться как с радиоактивными отходами. Примеры последних включают обработку фосфатной руды и добычу нефти или газа. Радиоактивные отходы также образуются в результате мероприятий по вмешательству, которые необходимы после аварий или для восстановления районов, пострадавших от проводимой в прошлом деятельности.

III-2. Образовавшиеся радиоактивные отходы столь же разнообразны по форме, концентрации активности и виду загрязнения, как и виды деятельности, в результате которых они образовались. Они могут быть твердыми, жидкими или газообразными. Уровни концентрации активности варьируются от чрезвычайно высоких уровней, присущих отработавшему топливу и остаткам переработки топлива, до очень низких уровней, связанных с применением радиоизотопов в лабораториях, больницах и т.д. Столь же широк спектр полураспада радионуклидов, содержащихся в радиоактивных отходах.

III-3. В настоящем Приложении кратко и качественно описываются основные виды деятельности, образующие отходы, и виды радиоактивных отходов, образующихся в результате каждого вида деятельности. Приведенные описания и численные значения основаны на документе [III-1]. Настоящее Приложение также демонстрирует схему классификации, разработанную в настоящем Руководстве по безопасности, применительно к некоторым описанным видам радиоактивных отходов.



## ОТХОДЫ ДОБЫЧИ И ОБОГАЩЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ РУД, КОТОРЫЕ СОДЕРЖАТ ПОВЫШЕННЫЕ УРОВНИ РАДИОНУКЛИДОВ ПРИРОДНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

III-4. Первым этапом в области ядерного топливного цикла является добыча урановой или ториевой руд, которые затем используются для производства ядерного топлива. Тем не менее, другие радиоактивные продукты, такие как радий, также могут быть отделены от руды для применения в различных целях. Горнодобывающая деятельность приводит к извлечению руды, которая является достаточно богатой, чтобы оправдать дальнейшее ее обогащение, а также к извлечению относительно большого количества материалов, содержащих уран или торий в таких малых количествах, что дальнейшее обогащение руды экономически не оправдано. Добываемые материалы, не подлежащие дальнейшему обогащению, образуют хвостохранилища, которые накапливаются в виде отвалов, как правило, в непосредственной близости от места добычи. Хвосты, образовавшиеся в результате добычи урановой и ториевой руд, как правило, содержат повышенные уровни природных радионуклидов и должны рассматриваться как радиоактивные отходы с точки зрения радиационной защиты и безопасности.

III-5. Наиболее богатая руда, из которой отделяются уран или торий, направляется на заводы для обогащения руды, что обычно влечет за собой дробление и химическую обработку. После удаления урана остатки (хвосты) содержат малое количество материнского нуклида цепочки распада добываемого элемента, но они все еще содержат большинство продуктов его распада. Некоторые из дочерних продуктов могут быть в большей степени подвержены выщелачиванию и эманации из хвостохранилища, а не из исходной руды. Кроме того, хвосты обогащения руды содержат значительные количества опасных химических веществ, включая тяжелые металлы, такие как медь, мышьяк, молибден и ванадий; это необходимо учитывать при оценке безопасности планируемого варианта обращения с отходами.

III-6. Подобные виды и количества радиоактивных отходов, содержащих природные радионуклиды, возникают также в результате добычи и/или переработки других материалов, которые богаты радиоактивными материалами природного происхождения (РМПП); эти материалы включают в себя фосфатные минералы, минеральные пески, некоторые золотоносные породы, уголь и углеводороды, и содержат долгоживущие радионуклиды при относительно низких концентрациях. Концентрация радионуклидов

в этих отходах может превышать уровни освобожденных отходов, как рекомендовано в разделе 2 настоящего Руководства по безопасности. В последние годы растет понимание того, что для снижения доз облучения в результате воздействия таких отходов (часто называемых РМПП (NORM) и TENORM) требуется предпринять действия и установить регулирующий контроль для обеспечения безопасности. Характеристики таких отходов, однако, настолько существенно отличаются от характеристик других отходов, что может потребоваться принятие специальных регулирующих мер. Особое значение имеют длительный период полураспада присутствующих радионуклидов и обычно большие объемы образующихся материалов.

III-7. Схема классификации, описанная в разделе 2 настоящего Руководства по безопасности, охватывает такие отходы в результате добычи и обогащения руды, но конкретное внимание необходимо уделить особым свойствам этих отходов и применяемым регулирующим подходам. Некоторые виды отходов, такие как некоторые осадки, образующиеся в нефтегазовой отрасли, могут иметь высокие уровни концентрации активности. Это может потребовать обращения с такими отходами как с НАО, или в некоторых случаях как с САО. Однако, объемы таких отходов, как правило, очень ограничены.

## ОТХОДЫ ПРОИЗВОДСТВА ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГИИ

III-8. Производство атомной энергии приводит к образованию нескольких видов радиоактивных отходов, включая отработавшее топливо (если оно заявлено в качестве отходов), другие высокоактивные отходы (ВАО), которые образуются в основном в результате химической переработки отработавшего топлива, очень низкоактивные отходы (ОНАО), низкоактивные отходы (НАО) и среднеактивные отходы (САО), которые образуются в результате эксплуатации реакторов, переработки, дезактивации, вывода из эксплуатации и других видов деятельности в рамках ядерного топливного цикла.

### *Высокоактивные отходы (ВАО)*

III-9. Отработавшее ядерное топливо содержит значительное количество делящихся материалов, других актинидов и продуктов деления. После извлечения из реактора оно генерирует значительное тепло и, как правило, помещается в бассейны выдержки, обычно расположенные внутри здания реактора. В конечном итоге отработавшее топливо вывозится и подвергается

одному выбранному из числа нижеследующих варианту обращения с отходами.

- Переработка: В этом случае топливо растворяют и обрабатывают для отделения оставшихся делящихся компонентов от продуктов деления и активации. В результате операций по переработке образуются твердые, жидкие и газообразные радиоактивные отходы. Твердые отходы, такие как оболочки ТВЭЛОВ, элементы оборудования и другие нерастворимые остатки, образуются при растворении топлива. Эти отходы могут содержать продукты активации, а также некоторые нерастворенные продукты деления, уран и плутоний. Основной поток жидких отходов составляет раствор азотной кислоты, которая содержит как продукты деления с высокими уровнями концентрации активности, так и актиниды в высоких концентрациях. Основной поток газообразных отходов составляют отходящие газы, которые содержат редкие газы и летучие продукты деления, которые высвобождаются из отработавшего топлива во время процесса растворения. После отверждения ВАО, образовавшиеся в результате переработки отработавшего топлива, требуют захоронения в геологических формациях, обеспечивающих достаточную изоляцию и локализацию в течение длительных периодов времени.
- Захоронение: Некоторые государства приняли решение о том, что отработавшее топливо не должно перерабатываться, и считают, что это отходы, которые, соответственно, требуют захоронения. Обычно рассматривается вариант захоронения на установках геологического захоронения.
- Долгосрочное хранение: Если переработка не осуществляется, а установки геологического захоронения пока не функционируют, то очевидно, что хранение отработавшего топлива неизбежно. Большинство государств, которые не перерабатывают отработавшее топливо, планируют его долгосрочное хранение. Долгосрочное хранение может осуществляться на площадках реакторов или во вне реакторных хранилищах.

III-10. Жидкие ВАО обычно хранятся в емкостях до их окончательного отверждения (используемый в настоящее время подход – это остекловывание). В то время как существует общее соглашение о том, что жидкие ВАО необходимо преобразовывать в твердые, имеется ряд площадок, где жидкие ВАО хранятся в емкостях в течение периодов времени, в настоящее время насчитывающих несколько десятилетий. Большинство жидких ВАО подвергнутых такому длительному сроку

хранения, образовалось в результате реализации оборонных программ (см. пункт III-21).

#### *Низкоактивные отходы и среднеактивные отходы в период эксплуатации*

III-11. При производстве ядерного топлива образуются отходы в процессе очистки, конверсии и обогащения урана и изготовления твэлов. Эти отходы включают загрязненные фильтрующие материалы систем отходящих газов, слегка загрязненный мусор и остатки от операций по рециклированию или регенерации. Такие отходы обычно содержат уран, а также плутоний в случае отходов производства смешанного оксидного топлива.

III-12. В процессе эксплуатации атомных электростанций отходы образуются в результате обработки охлаждающей воды и воды бассейна выдержки, дезактивации оборудования и текущего ремонта установки. Отходы от эксплуатации атомных электростанций обычно загрязнены продуктами деления и активации. Отходы, образующиеся в штатном режиме эксплуатации, включают в себя загрязненную одежду, мусор в результате уборки пола, бумагу и пластик. Отходы от обработки теплоносителя первого контура и систем отходящих газов включают в себя использованные смолы и фильтры, а также некоторое загрязненное оборудование. Отходы могут также образоваться при замене активированных компонентов активной зоны, таких как управляющие стержни или нейтронные источники.

#### *Отходы в результате вывода из эксплуатации ядерных установок*

III-14. В конце срока эксплуатации ядерной установки принимаются административные и технические меры для снятия некоторых или всех регулирующих требований с установки. Мероприятия по дезактивации и демонтажу ядерной установки и очистке площадки ведут к образованию радиоактивных отходов, которые могут сильно различаться по виду, уровню концентрации активности, размеру и объему, и могут быть активированными или загрязненными. Эти отходы могут состоять из твердых материалов, таких как технологическое оборудование, строительные материалы, инструменты и грунт. Наибольшие объемы отходов от демонтажа ядерных установок будут в основном составлять ОНАО и НАО. Для уменьшения объемов радиоактивных отходов широко применяется дезактивация материалов. Потоки жидких и газообразных отходов могут также появляться в результате процессов дезактивации.

## ОТХОДЫ В РЕЗУЛЬТАТЕ ИНСТИТУЦИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

III-15. Институциональное использование радиоактивных материалов включает деятельность в области научных исследований, промышленности и медицины. Такая деятельность, в частности в области исследований, очень разнообразна и приводит к образованию отходов разных классов. Как и в ядерном секторе, институциональные отходы могут образовываться в газообразном, жидком или твердом виде. Большинство институциональных отходов – в твердой форме и с ними обычно обращаются сопоставимыми способами, как и с отходами, образовавшимися в рамках ядерного топливного цикла.

### *Отходы с исследовательских реакторов*

III-16. Отходы, образующиеся на исследовательских реакторах, и некоторые изъятые из употребления закрытые радиоактивные источники, являются особенно важными, потому что по уровню концентрации активности и периоду полураспада радионуклидов они не соответствуют критериям приемлемости отходов для приповерхностного захоронения.

### *Отходы с научно-исследовательских установок*

III-17. Научно-исследовательские установки (например, горячие камеры, перчаточные камеры) или пилотные установки для проверки процессов изготовления топлива (в частности, изготовления смешанного уран-плутониевого оксидного топлива, известного как MOX), для переработки топлива (в частности, передовые технологии) и для обследования после облучения, а также аналитические лаборатории образуют виды отходов, которые зачастую отличаются от типичных отходов, образующихся на промышленных предприятиях. Ввиду наличия значительного количества долгоживущих альфа-излучающих радионуклидов отходы с научно-исследовательских установок в целом относятся к классу САО и даже в некоторых случаях к классу ВАО. Научно-исследовательская деятельность проводится на таких установках, как исследовательские реакторы и ускорители, и включает лабораторную деятельность. Виды и объемы отходов, образующихся в результате научно-исследовательской деятельности, зависят от проводимых исследований.

### *Отходы производства и использования радиоизотопов*

III-18. В результате производства и использования радиоизотопов образуется меньшее количество отходов, чем в рамках топливного цикла.

- Производство радиоизотопов: Вид и объем образующихся отходов зависит от радиоизотопа и способа его производства. В целом, объем радиоактивных отходов, образующихся в результате такой деятельности, является небольшим, но уровни концентрации активности могут быть значительными.
- Применение радиоизотопов: При использовании радиоизотопов могут образовываться небольшие объемы отходов. Вид и объем отходов зависит от применения.

### *Отходы в результате вывода из эксплуатации других ядерных установок*

III-19. Ядерные установки в рамках институционального сектора также потребуется выводить из эксплуатации. Образующиеся при этом отходы будут похожи на отходы в результате вывода из эксплуатации ядерных установок (в частности, в случае вывода из эксплуатации исследовательских реакторов), однако объемы отходов будут существенно меньше.

### *Изъятые из употребления закрытые источники*

III-20. Особый вид отходов – это изъятые из употребления закрытые радиоактивные источники. Закрытые источники характеризуются концентрированным характером их радиоактивного содержимого и широко используются для медицинских и промышленных применений. Они могут оставаться опасными в конце срока их полезного использования и требуют соответствующего обращения, поскольку содержат большое и высококонцентрированное количество одного радионуклида и во многих случаях могут не соответствовать критериям приемлемости отходов для приповерхностного захоронения, даже если исходный радионуклида не особо долгоживущий. Радиоактивные источники, непригодные для приповерхностного захоронения, требуют размещения на больших глубинах и поэтому относятся к классу САО или в некоторых случаях даже к классу ВАО.

III-21. Описание источников может быть дано в соответствии с активностью и периодом полураспада содержащегося в них радионуклида. Источники, содержащие радионуклиды с периодом полураспада менее

100 дней (например,  $^{90}\text{Y}$ ,  $^{192}\text{Ir}$ , или  $^{198}\text{Au}$ , используемые в брахитерапии) могут быть направлены на хранение с целью распада и в итоге захоронены в качестве освобожденных отходов. Другие источники, такие как те, которые содержат  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{60}\text{Co}$  или  $^{238}\text{Pu}$ , имеют более длительный период полураспада, и при этом требуются другие варианты обращения с ними. Разбивка по различным типам источников приведена в таблице III-1 (из документа [III-2]).

### ОТХОДЫ В РЕЗУЛЬТАТЕ РЕАЛИЗАЦИИ ОБОРОННЫХ И СВЯЗАННЫХ С ПРОИЗВОДСТВОМ ОРУЖИЯ ПРОГРАММ

III-22. Большие объемы отходов в результате реализации оборонных программ и отходов, связанных с производством ядерного оружия, образовались на заре разработки и испытаний ядерного оружия. Наиболее мобильными ВАО в этом контексте являются те, которые находятся на хранении в ожидании перевода в твердую форму (отверждения). Ликвидация ядерного оружия обычно предполагает смешивание высокообогащенного урана и/или плутония с природным ураном для производства  $\text{UO}_2$  и/или смешанного уран-плутониевого топлива для коммерческих реакторов или хранение этого материала для будущего захоронения в установках геологического захоронения ВАО или отработавшего топлива.

### РАДИОАКТИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ В ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ

III-23. Захоронение радиоактивных остатков на поверхности Земли происходит в результате целого ряда видов деятельности. Они включают в себя остатки от испытаний ядерного оружия, аварий на ядерных объектах и прошлой практической деятельности, такой, как добыча урана, которые подлежали менее строгому регулируемому контролю, чем требуется современными нормами безопасности. С отходами, образующимися в результате восстановительных работ, необходимо обращаться как с радиоактивными отходами, они должны быть либо стабилизированы на месте или захоронены в соответствующих пунктах захоронения [III-3].

## ПРИМЕР ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СХЕМЫ КЛАССИФИКАЦИИ ОТХОДОВ

III-24. Пример использования схемы классификации, описанной в настоящем Руководстве по безопасности, для отходов, образующихся не в результате ведения ядерной деятельности, приведен на рис. III-1. На нем показаны классы отходов, на которые обычно делятся различные типы закрытых источников, как определено в Таблице III-1, и отходов, содержащих радионуклиды природного происхождения. Отходы, содержащие радионуклиды природного происхождения, могут значительно различаться по своим характеристикам и соответственно могут попасть в несколько классов для захоронения. Как уже отмечалось, некоторые виды отходов могут иметь очень низкие уровни концентрации активности и не требуют захоронения в качестве радиоактивных отходов. Другие отходы с более высокой, но ограниченной концентрацией, могут подходить для приповерхностного захоронения, а отходы с более высокой концентрацией, в которых могут быть сосредоточены особые радионуклиды, могут потребовать захоронения на большей глубине, чем это принято в случае приповерхностного захоронения. Этот пример демонстрирует, что в схеме классификации отходов имеется возможность включать различные виды отходов. Похожие схемы могут быть разработаны и для других видов отходов.



ТАБЛИЦА III-1. ИЗЪЯТЫЕ ИЗ УПОТРЕБЛЕНИЯ ЗАКРЫТЫЕ РАДИОАКТИВНЫЕ ИСТОЧНИКИ

Пример на рис. III-1	Период полураспада	Активность	Объем	Пример
i	<100 сут	100 МБк	Малый	Y-90, Au-198 (брахитерапия)
ii	<100 сут	5 ТБк	Малый	Ir-192 (брахитерапия)
iii	<15 лет	<10 МБк	Малый	Co-60, H-3 (третиевая мишень), Kг-85
iv	<15 лет	<100 ТБк	Малый	Co-60 (облучатели)
v	<30 лет	<1 МБк	Малый	Cs-137 (брахитерапия, влагомеры/плотномеры)
vi	<30 лет	<1 ПБк	Малый	Cs-137 (облучатели) Sr-90 (толщиномеры, радиоизотопные термоэлектрические генераторы (РТЭГ))
vii	>30 лет	<40 МБк	Малый, но возможно большое	Pu, Am, Ra (антистатические устройства)
viii	>30 лет	<10 ГБк	количество источников (до десятков тысяч)	Am-241, Ra-226 (измерители)

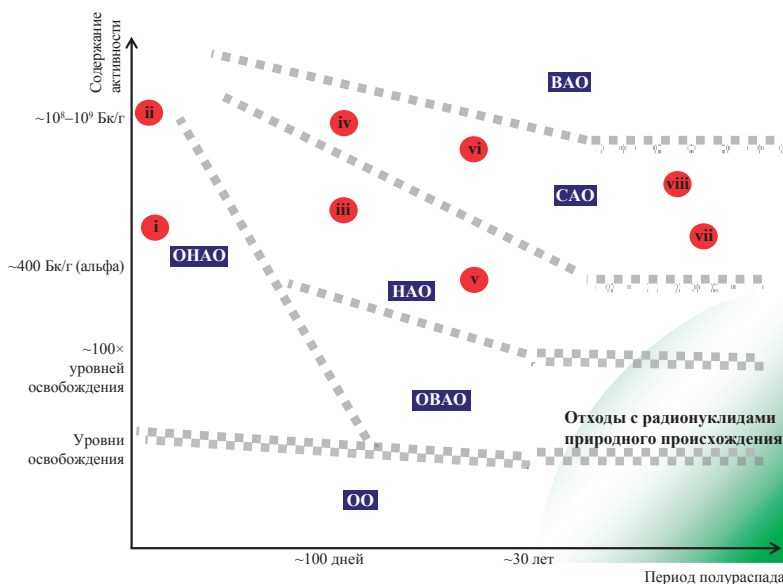


РИС. III-1. Иллюстративный пример применения схемы классификации отходов. Цифры относятся к примерам изъятых из употребления закрытых источников, указанных в Таблице III-1 (см. пункты 2.2, 2.27 и рис. 1).

### **СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ К ПРИЛОЖЕНИЮ III**

- [III-1] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Estimation of Global Inventories of Radioactive Waste and Other Radioactive Materials, IAEA-TECDOC-1591, IAEA, Vienna (2008).
- [III-2] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Оценка безопасности приповерхностного захоронения радиоактивных отходов, Серия норм МАГАТЭ по безопасности, № WS-G-1.1, МАГАТЭ, Вена (2002).
- [III-3] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Remediation of Areas Contaminated by Past Activities and Accidents, IAEA Safety Standards Series No. WS-R-3, IAEA, Vienna (2003).

## СОСТАВИТЕЛИ И РЕЦЕНЗЕНТЫ

Batandjieva, B.	Международное агентство по атомной энергии
Delcheva, T.	Министерство энергетики и энергетических ресурсов, Болгария
Duhovnik, B.	«ИБЭ, консалтинг инжинирс», Словения
Embumbulu, E.	Министерство здравоохранения и социального обеспечения, Намибия
Gandhi, P.M.	Центр атомных исследований им. Бхабхи (ЦАИБ), Индия
Goldammer, W.	Консультант, Германия
Greeves, J.	«ДжТГ консалтинг», Соединенные Штаты Америки
Hedberg, B.	Шведский инспекторат по ядерной энергетике (СКИ), Швеция
Hutri, K.-L.	Управление по радиационной и ядерной безопасности (СТУК), Финляндия
Лавринович, А.	Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору, Российская Федерация
López, M.M.	Национальная комиссия по ядерной безопасности и гарантиям (НКЯБГ), Мексика
Metcalf, P.	Международное агентство по атомной энергии
Nangu, M.B.	Национальный ядерный регулирующий орган (НЯРО), Южная Африка
Pather, T.	Национальный ядерный регулирующий орган (НЯРО), Южная Африка
Raicević, J.	Институт ядерных наук «Винча», Сербия
Simeonov, G.	Агентство по ядерному регулированию, Болгария

Сметник, А.	Федеральный надзор России по ядерной и радиационной безопасности (Госатомнадзор), Российская Федерация
Smith, G.	«Энвирос консалтинг, лтд.», Соединенное Королевство
von Dobschütz, P.	Федеральное министерство окружающей среды, охраны природы и безопасности ядерных реакторов, Германия
Xavier, A.M.	Национальная комиссия по ядерной энергии (НКЯЭ), Бразилия
Жебровская, Е.	Институт геохимии окружающей среды Национальной академии наук и министерства по вопросам чрезвычайных ситуаций, Украина

## ОРГАНЫ, УЧАСТВУЮЩИЕ В ОДОБРЕНИИ НОРМ БЕЗОПАСНОСТИ МАГАТЭ

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

### **Комиссия по нормам безопасности**

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

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

*Австралия: Le Cann, G.; Австрия: Sholly, S.; Алжир: Merrouche, D.; Аргентина: Waldman, R.; Бельгия: De Boeck, B.; \*Болгария: Gledachev, Y.; Бразилия: Gromann, A.; Венгрия: Adorján, F.; Гана: Emi-Reynolds, G.; Германия: Wassilew, С.; \*Греция: Camarinopoulos, L.; Египет: Ibrahim, M.; Израиль: Hirshfeld, H.; Индия: Vaze, K.; Индонезия: Antariksawan, A.; Иран, Исламская Республика: Asgharizadeh, F.; Испания: Zarzuela, J.; Италия: Vava, G.; Канада: Rzentkowski, G.; \*Кипр: Demetriades, P.; Китай: Jingxi Li; Корея, Республика: Hyun-Koon Kim; Ливийская Арабская Джамахирия: Abuzid, O.; Литва: Demčenko, M.; Малайзия: Azlina Mohammed Jais;*

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

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

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

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

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

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

Rooney, K.; *Международная организация по стандартизации*: Malesys, P.; *Международная федерация ассоциаций линейных пилотов*: Tisdall, A.; \*\*Gessl, M.

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

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





# IAEA

Международное агентство по атомной энергии

№ 23

## ЗАКАЗ В СТРАНАХ

В указанных странах платные публикации МАГАТЭ могут быть приобретены у перечисленных ниже поставщиков или в крупных книжных магазинах.

Заказы бесплатных публикаций следует направлять непосредственно в МАГАТЭ. Контактная информация приводится в конце настоящего перечня.

### **АВСТРАЛИЯ**

#### ***DA Information Services***

648 Whitehorse Road, Mitcham, VIC 3132, AUSTRALIA

Телефон: +61 3 9210 7777 • Факс: +61 3 9210 7788

Эл. почта: books@dadirect.com.au • Веб-сайт: <http://www.dadirect.com.au>

### **БЕЛЬГИЯ**

#### ***Jean de Lannoy***

Avenue du Roi 202, 1190 Brussels, BELGIUM

Телефон: +32 2 5384 308 • Факс: +32 2 5380 841

Эл. почта: jean.de.lannoy@euronet.be • Веб-сайт: <http://www.jean-de-lannoy.be>

### **КАНАДА**

#### ***Renouf Publishing Co. Ltd.***

5369 Canotek Road, Ottawa, ON K1J 9J3, CANADA

Телефон: +1 613 745 2665 • Факс: +1 643 745 7660

Эл. почта: order@renoufbooks.com • Веб-сайт: <http://www.renoufbooks.com>

#### ***Bernan Associates***

4501 Forbes Blvd, Suite 200, Lanham, MD 20706-4391, USA

Телефон +1 800 8653457 • Факс: 1 800 865 3450

Эл. почта: orders@bernan.com • Веб-сайт: <http://www.bernan.com>

### **ЧЕШСКАЯ РЕСПУБЛИКА**

#### ***Suweco CZ, spol. S.r.o.***

Klecakova 347, 180 21 Prague 9, CZECH REPUBLIC

Телефон +420 242 459 202 • Факс: +420 242 459 203

Эл. почта: nakup@suweco.cz • Веб-сайт: <http://www.suweco.cz>

### **ФИНЛЯНДИЯ**

#### ***Akateeminen Kirjakauppa***

PO Box 128 (Keskuskatu 1), 00101 Helsinki, FINLAND

Телефон: +358 9 121 41 • Факс: +358 9 121 4450

Эл. почта: akatilaus@akateeminen.com • Веб-сайт: <http://www.akateeminen.com>

### **ФРАНЦИЯ**

#### ***Form-Edit***

5 rue Janssen, PO Box 25, 75921 Paris CEDEX, FRANCE

Телефон: +33 1 42 01 49 49 • Факс: +33 1 42 01 90 90

Эл. почта: fabien.boucard@formedit.fr • Веб-сайт: <http://www.formedit.fr>

#### ***Lavoisier SAS***

14 rue de Provigny, 94236 Cachan CEDEX, FRANCE

Телефон: +33 1 47 40 67 00 • Факс: +33 1 47 40 67 02

Эл. почта: livres@lavoisier.fr • Веб-сайт: <http://www.lavoisier.fr>

#### ***L'Appel du livre***

99 rue de Charonne, 75011 Paris, FRANCE

Телефон: +33 1 43 07 50 80 • Факс: +33 1 43 07 50 80

Эл. почта: livres@appeldulivre.fr • Веб-сайт: <http://www.appeldulivre.fr>

### **ГЕРМАНИЯ**

#### ***Goethe Buchhandlung Teubig GmbH***

Schweitzer Fachinformationen

Willstätterstrasse 15, 40549 Düsseldorf, GERMANY

Телефон: +49 (0) 211 49 8740 • Факс: +49 (0) 211 49 87428

Эл. почта: s.dehaan@schweitzer-online.de • Веб-сайт: <http://www.goethebuch.de>

### **ВЕНГРИЯ**

#### ***Librotade Ltd., Book Import***

PF 126, 1656 Budapest, HUNGARY

Телефон: +36 1 257 7777 • Факс: +36 1 257 7472

Эл. почта: books@librotade.hu • Веб-сайт: <http://www.librotade.hu>

## ИНДИЯ

### **Allied Publishers**

1<sup>st</sup> Floor, Dubash House, 15, J.N. Heredi Marg, Ballard Estate, Mumbai 400001, INDIA

Телефон: +91 22 2261 7926/27 • Факс: +91 22 2261 7928

Эл. почта: alliedpl@vsnl.com • Веб-сайт: <http://www.alliedpublishers.com>

### **Bookwell**

3/79 Nirankari, Delhi 110009, INDIA

Телефон: +91 11 2760 1283/4536

Эл. почта: bkwell@nde.vsnl.net.in • Веб-сайт: <http://www.bookwellindia.com/>

## ИТАЛИЯ

### **Libreria Scientifica "AEIOU"**

Via Vincenzo Maria Coronelli 6, 20146 Milan, ITALY

Телефон: +39 02 48 95 45 52 • Факс: +39 02 48 95 45 48

Эл. почта: info@libreriaaeiou.eu • Веб-сайт: <http://www.libreriaaeiou.eu/>

## ЯПОНИЯ

### **Maruzen Co., Ltd.**

1-9-18 Kaigan, Minato-ku, Tokyo 105-0022, JAPAN

Телефон: +81 3 6367 6047 • Факс: +81 3 6367 6160

Эл. почта: journal@maruzen.co.jp • Веб-сайт: <http://www.maruzen.co.jp>

## НИДЕРЛАНДЫ

### **Martinus Nijhoff International**

Koraalrood 50, Postbus 1853, 2700 CZ Zoetermeer, NETHERLANDS

Телефон: +31 793 684 400 • Факс: +31 793 615 698

Эл. почта: info@nijhoff.nl • Веб-сайт: <http://www.nijhoff.nl>

### **Swets Information Services Ltd.**

PO Box 26, 2300 AA Leiden

Dellaertweg 9b, 2316 WZ Leiden, NETHERLANDS

Телефон: +31 88 4679 387 • Факс: +31 88 4679 388

Эл. почта: tbeysens@nl.swets.com • Вебсайт: <http://www.swets.com>

## СЛОВЕНИЯ

### **Cankarjeva Založba dd**

Kopitarjeva 2, 1515 Ljubljana, SLOVENIA

Телефон: +386 1 432 31 44 • Факс: +386 1 230 14 35

Эл. почта: import.books@cankarjeva-z.si • Веб-сайт: [http://www.mladinska.com/cankarjeva\\_zalozba](http://www.mladinska.com/cankarjeva_zalozba)

## ИСПАНИЯ

### **Díaz de Santos, S.A.**

Librerías Bookshop • Departamento de pedidos

Calle Albasanz 2, esquina Hermanos Garcia Noblejas 21, 28037 Madrid, SPAIN

Телефон: +34 917 43 48 90 • Факс: +34 917 43 4023

Эл. почта: compras@diazdesantos.es • Веб-сайт: <http://www.diazdesantos.es/>

## СОЕДИНЕННОЕ КОРОЛЕВСТВО

### **The Stationery Office Ltd. (TSO)**

PO Box 29, Norwich, Norfolk, NR3 1PD, UNITED KINGDOM

Телефон: +44 870 600 5552

Эл. почта (заказы): books.orders@tso.co.uk • (справки): book.enquiries@tso.co.uk • Веб-сайт: <http://www.tso.co.uk>

## СОЕДИНЕННЫЕ ШТАТЫ АМЕРИКИ

### **Bernan Associates**

4501 Forbes Blvd, Suite 200, Lanham, MD 20706-4391, USA

Телефон: +1 800 865 3457 • Факс: 1 800 865 3450

Эл. почта: orders@bernan.com • Веб-сайт: <http://www.bernan.com>

### **Renouf Publishing Co. Ltd.**

812 Proctor Avenue, Ogdensburg, NY 13669, USA

Телефон: +1 888 551 7470 • Факс: +1 888 551 7471

Эл. почта: orders@renoufbooks.com • Веб-сайт: <http://www.renoufbooks.com>

## Организация Объединенных Наций (ООН)

300 East 42<sup>nd</sup> Street, IN-919J, New York, NY 1001, USA

Телефон: +1 212 963 8302 • Факс: +1 212 963 3489

Эл. почта: publications@un.org • Веб-сайт: <http://www.unp.un.org>

## Заказы платных и бесплатных публикаций можно направлять непосредственно по адресу:

IAEA Publishing Section, Marketing and Sales Unit, International Atomic Energy Agency

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

Телефон: +43 1 2600 22529 или 22488 • Факс: +43 1 2600 29302

Эл. почта: sales.publications@iaea.org • Веб-сайт: <http://www.iaea.org/books>

## Обеспечение безопасности с помощью международных норм

*«Обязанность правительств, регулирующих органов и операторов во всем мире – обеспечивать полезное, безопасное и разумное применение ядерных материалов и источников излучения. Нормы МАГАТЭ по безопасности предназначены способствовать этому, и я призываю все государства-члены пользоваться ими.»*

Юкия Аmano  
Генеральный директор

МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ  
ВЕНА  
ISBN 978-92-0-403514-8  
ISSN 1020-5845