

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа Инженерная школа ядерных технологий

Направление подготовки 14.04.02 Ядерные физика и технологии

Отделение школы (НОЦ) Отделение ядерного топливного цикла

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Финальная изоляция РАО в России

УДК: 621.039.75

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0АМ6Б	Чембура Вадим Сергеевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Заместитель руководителя по УР НТИ НИЯУ МИФИ	Г.С. Зиновьев	к.т.н., доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Заведующая каф. ЭиУ НТИ НИЯУ МИФИ	О.А. Грицова	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель каф. УК НТИ НИЯУ МИФИ	Ю.В. Гацкова			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
14.04.02 Ядерные физика и технологии	М.С. Кузнецов	к.т.н.		

Планируемые результаты обучения

Код результата	Результат обучения
<i>Профессиональные компетенции</i>	
P1	Применять глубокие математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания для теоретических и экспериментальных исследований в области использования ядерной энергии, ядерных материалов, систем учета, контроля и физической защиты ядерных материалов, технологий радиационной безопасности, медицинской физики и ядерной медицины, изотопных технологий и материалов в профессиональной деятельности.
P2	Ставить и решать инновационные инженерно-физические задачи, реализовывать проекты в области использования ядерной энергии, ядерных материалов, систем учета, контроля и физической защиты ядерных материалов, технологий радиационной безопасности, медицинской физики и ядерной медицины, изотопных технологий и материалов.
P3	Создавать теоретические, физические и математические модели, описывающие конденсированное состояние вещества, распространение и взаимодействие ионизирующих излучений с веществом и живой материей, физику кинетических явлений, процессы в реакторах, ускорителях, процессы и механизмы переноса радиоактивности в окружающей среде.
P4	Разрабатывать новые алгоритмы и методы: расчета современных физических установок и устройств; исследования изотопных технологий и материалов; измерения характеристик полей ионизирующих излучений; оценки количественных характеристик ядерных материалов; измерения радиоактивности объектов окружающей среды; исследований в радиозоологии, медицинской физике и ядерной медицине.
P5	Оценивать перспективы развития ядерной отрасли, медицины, анализировать радиационные риски и сценарии потенциально возможных аварий, разрабатывать меры по снижению рисков и обеспечению ядерной и радиационной безопасности руководствуясь законами и нормативными документами, составлять экспертное заключение.
P6	Проектировать и организовывать инновационный бизнес, разрабатывать и внедрять новые виды продукции и технологий, формировать эффективную стратегию и активную политику риск-менеджмента на предприятии, применять методы оценки качества и результативности труда персонала, применять знание основных положений патентного законодательства и авторского права Российской Федерации.
<i>Общекультурные компетенции</i>	
P7	Демонстрировать глубокие знания социальных, этических и культурных аспектов инновационной профессиональной деятельности.
P8	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.
P9	Активно владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в иноязычной среде, разрабатывать документацию, презентовать результаты профессиональной деятельности.
P10	Эффективно работать индивидуально и в коллективе, демонстрировать ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации.

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа Инженерная школа ядерных технологий

Направление подготовки 14.04.02 Ядерная физика и технологии

Отделение школы Отделение ядерного топливного цикла

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

_____ 12.03.2018 Кузнецов М.С.
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации

Студенту:

Группа	ФИО
0АМ6Б	Чембура Вадиму Сергеевичу

Тема работы:

Финальная изоляция РАО в России	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	22.03.2018 №2009/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	04.06.2018 г.
--	---------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Документальные и электронные научно-технические источники информации по тематике работы. А также перечень нормативно-правовых документов.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	– изучение состояния и исследование проблем обращения с радиоактивными отходами на финальной стадии изоляции на примере приповерхностного ПЗРО в г. Новоуральске; – исследование особенностей и характеристик пункта приповерхностного захоронения в г. Новоуральске; – изучение результатов анализа безопасности защитных свойств контейнера типа НЗК для захоронения; – исследования на соответствие данного ПЗРО международным/российским требованиям и нормам безопасности; – изучения общественного мнения, в частности студентов высшего и среднего профессионального образования Новоуральского технологического института НИЯУ МИФИ;

	– разработка рекомендаций по повышению культуры и информированности населения г. Новоуральска в вопросах использования ядерных технологий.
Перечень графического материала	Генеральный план ППЗРО отделения «Новоуральское» филиала «Северский» «НО РАО» города Новоуральска Свердловской области.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	О.А. Грицова
Социальная ответственность	Ю.В. Гацкова
Иностранный язык	Г. Н. Базарова
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках: – Аннотация – Введение – Нормативно-правовое регулирование – Классификация РАО – Принципы обращения с РАО	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	12.03.2018
---	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Заместитель руководителя по УР НТИ НИЯУ МИФИ	Г.С. Зиновьев	к.т.н., доцент		12.03.2018

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0АМ6Б	Чембура Вадим Сергеевич		12.03.2018

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
0АМ6Б	Чембура Вадим Сергеевич

Школа	ИЯТШ	Отделение	ОЯТЦ
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	14.04.02 Ядерные физика и технологии/ Ядерно-технический контроль и регулирование

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, нормативно-правовых документах.
Нормы и нормативы расходования ресурсов	
Используемая система налогообложения	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

Оценка коммерческого потенциала, сильных и слабых сторон, а также возможностей и угроз исследуемой работы.	– определение потенциальных потребителей результатов проекта; – проведение SWOT-анализа.
Планирование управления научно-техническим проектом	– определение контрольных событий проекта; – составление иерархической структуры исследовательской работы; – разработка плана проекта.
Бюджет научного исследования	расчёт материальных затрат исследовательской работы; расчёт затрат на электроэнергию; расчёт основной и дополнительной заработной платы исполнителей работы; расчёт отчислений во внебюджетные фонды; расчёт накладных расходов; определение общего бюджета
Определение функций участников проекта	– определение организационной структуры проекта; – составление матрицы ответственности.
Определение ресурсной, финансовой, социальной эффективности проекта	– расчёт интегрального финансового показателя, интегрального показателя социальной эффективности, интегрального показателя эффективности

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

SWOT-анализ; иерархическая структура работ; контрольные события проекта; календарный план проекта (диаграмма Ганта); бюджет затрат исследовательского проекта; организационная структура проекта; матрица ответственности; ресурсоэффективность проекта.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	12.03.18
---	----------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Заведующая каф. ЭиУ НТИ НИЯУ МИФИ	О.А. Грицова	К.Э.Н.		12.03.2018

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0АМ6Б	Чембура Вадим Сергеевич		12.03.2018

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
0АМ6Б	Чембура Вадим Сергеевич

Школа	ИЯТШ	Отделение	ОЯТЦ
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	14.04.02 Ядерные физика и технологии/ Ядерно-технический контроль и регулирование

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

Описание помещения и места для работы с персональной вычислительной машиной (ПЭВМ) на предмет возникновения:	– неблагоприятные производственные факторы по результирующему воздействию на организм работающего человека; – опасные и вредные факторы, имеющие физическую природу воздействия на организм; – воздействие на окружающую природную среду.
Нормативно-правовые документы	– стандарты по безопасности труда; – санитарные нормы и правила; – гигиенические нормативы; – требования обеспечения пожарной безопасности и электробезопасности.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

Выявление вредных факторов проектируемой производственной среды	– микроклимат производственного помещения; – освещенность рабочего места; – защита от шума и вибраций; – защита от электромагнитного излучения; – эргономика рабочего места; – режим работы.
Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды	– причины возникновения опасных и вредных факторов; – последствия; – мероприятия по их устранению или снижению вредного воздействия.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	12.03.2018
--	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель каф. УК НТИ НИЯУ МИФИ	Ю.В. Гацкова			12.03.2018

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0АМ6Б	Чембура Вадим Сергеевич		12.03.2018

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 134 страниц, 18 рисунков, 28 таблиц, 39 источников, 8 приложений.

Ключевые слова: радиоактивные отходы, обращение с РАО, финальная изоляция РАО, Международное агентство по атомной энергии, национальный оператор по обращению с радиоактивными отходами, пункт приповерхностного захоронения радиоактивных отходов.

Целью дипломной работы является исследование подходов и технологий, применяемых на предприятии по финальной изоляции РАО с целью определения их соответствия международным/российским, требованиям и нормам экологичности и безопасности.

Метод исследования заключается в исследовании особенностей и характеристик пункта ПЗРО в г. Новоуральске, изучении результатов анализа безопасности упаковочного контейнера РАО, а также установление соответствия ППЗРО рекомендациям МАГАТЭ.

В процессе исследования были изучены состояние и проблемы обращения с радиоактивными отходами (РАО), проанализированы подходы и технологии обращения с РАО на финальной стадии изоляции на примере пункта приповерхностного захоронения радиоактивных отходов отделения «Новоуральское» филиала «Северский» «НО РАО» в городе Новоуральске Свердловской области. Также было проведено исследование экспертного и общественного мнений в частности студентов Новоуральского технологического института НИЯУ МИФИ.

В результате исследования была проведена проверка ППЗРО в г. Новоуральске на соответствие международным/российским нормам безопасности, выявлена проблема в недостаточной информированности студентов, а также были разработаны рекомендации по повышению общего уровня знаний, культуры и информированности населения в вопросах использования энергии атома, в частности обращения с РАО на финальной стадии изоляции.

Список сокращений

АО «УЭХК» – Акционерное общество Уральский электрохимический комбинат

АРМЗ – Атомредметзолото

АЭС – атомная электростанция

АЭХК – Ангарский электролизный химический комбинат

ВАО – высокоактивные отходы

ВНИИЭФ – Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики

ВНИИТФ – Всероссийский научно-исследовательский институт технической физики

ГРО – газообразные радиоактивные отходы

ГХК – Горно-химический комбинат

ЖРО – жидкие радиоактивные отходы

МАГАТЭ – Международное агентство по атомной энергии

МЗУА – минимально значимые удельная активность

МЗА – минимально значимые активность

МСЗ – Машиностроительный завод

НАО – низкоактивные отходы

НТИ НИЯУ МИФИ – Новоуральский технологический институт «Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ»

НИИАР – Научно-исследовательский институт атомных реакторов

ОНАО – очень низкоактивные отходы

ОЯТ – отработавшее ядерное топливо

ПГЗ – пункт глубинного захоронения

ППЗРО – пункт приповерхностного захоронения радиоактивных отходов

ПЭВМ – персональная электронно-вычислительная машина

РАО – радиоактивные отходы

САО – среднеактивные отходы

СХК – Сибирский химический комбинат

ТВЭЛ – топливная компания ГК «Росатом»

ТРО – твердые радиоактивные отходы

ФЭИ – Физико-энергетический институт

ФГУП «НО РАО» – Федеральное государственное унитарное предприятие «Национальный оператор по обращению с радиоактивными отходами»

ЧМЗ – Чепецкий механический завод

ЯТЦ – ядерный топливный цикл

ЯОК – ядерный оружейный комплекс

Содержание

Введение.....	13
1 Обзор литературы	15
1.1 Источники образования РАО.....	15
1.2 Нормативно-правовое регулирование в отношении РАО	16
1.2.1 Перечень основополагающих документов МАГАТЭ	19
1.2.2 Перечень основополагающих документов Российской Федерации	20
1.3 Определение и классификация РАО	21
1.3.1 Российская Федерация.....	21
1.3.2 Международное агентство по атомной энергии	27
1.3.3 Франция.....	29
1.3.4 Швеция	32
1.3.5 Финляндия	34
1.4 Этапы обращения с РАО	35
1.5 ФГУП "Национальный оператор по обращению с радиоактивными отходами"	37
1.5.1 Основные виды деятельности.....	38
1.5.2 Отделение «Новоуральское» филиала «Северский» «НО РАО»	39
1.5.3 Обеспечение радиационной безопасности при обращении с РАО.....	42
1.6 Финальная стадия захоронения РАО	44
1.6.1 Способы захоронения	46
1.6.2 Принципы и критерии захоронения	49
1.6.3 Опыт обращения с РАО на заключительном этапе в г. Новоуральске	52
1.7 Общественный аспект в вопросах обращения с РАО	54
2 Оценка защитных свойств упаковочного контейнера РАО	57
2.1 Состав и форма РАО.....	57
2.2 Упаковки РАО	57
2.3 Оценка защитных свойств контейнера НЗК-150-1,5П.....	59
3 Результаты социологического опроса среди студентов НТИ НИЯУ МИФИ .	63
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	66

4.1 Потенциальные потребители результатов исследования	66
4.2 SWOT-анализ.....	67
4.3 Планирование управления научно техническим проектом.....	67
4.3.1 Иерархическая структура исследовательской работы	68
4.3.2 Контрольные события проекта	68
4.3.3 План проекта.....	69
4.4 Бюджет научного исследования	71
4.4.1 Расчет материальных затрат	72
4.4.2 Расчет затрат на электроэнергию	73
4.4.3 Расчет основной заработной платы.....	74
4.4.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы.....	75
4.4.5 Отчисления во внебюджетные фонды	76
4.4.6 Накладные расходы.....	77
4.4.7 Формирование бюджета затрат исследовательского проекта.....	77
4.5 Организационная структура проекта	78
4.6 Матрица ответственности	79
4.7 Определение социальной и финансовой эффективности исследования.....	80
5 Социальная ответственность	84
5.1 Вступительная часть	84
5.2 Анализ опасных и вредных производственных факторов.....	85
5.2.1 Микроклимат производственного помещения	86
5.2.2 Освещенность рабочего места.....	87
5.2.3 Защита от шума и вибраций.....	89
5.2.4 Защита от электромагнитного излучения.....	90
5.2.5 Эргономика рабочего места	91
5.2.6 Режим работы	93
5.3 Электробезопасность	93
5.4 Пожарная безопасность	95
Заключение	97
Список публикаций студента.....	99

Список использованных источников	100
Приложение А	106
Приложение Б	123
Приложение В	124
Приложение Г	126
Приложение Д	128
Приложение Е	130
Приложение Ж	131
Приложение И	132

Введение

Атомная энергетика на сегодняшний день является для человечества одним из наиболее перспективных источников электрической энергии, ядерные технологии успешно используются в медицине, технике, сельском хозяйстве, научных исследованиях. И в перспективе именно ядерная энергия позволит открыть принципиально новые возможности развития человечества [1].

Отличительная особенность атомной энергетики заключается в том, что путем использования сравнительно небольшого количества топлива удастся вырабатывать колоссальное количество энергии [2]. Однако, как и в любой другой области промышленности, производство электроэнергии влечет за собой возникновения техногенных отходов. И в данном случае большая их часть является радиоактивными, которые из-за содержания в них радионуклидов нельзя безопасно ни уничтожить, ни захоронить [3]. Поэтому для такого рода отходов требуется специальное обращение, которое позволит обеспечить безопасность здоровья человека и минимизировать воздействие ионизирующего излучения на окружающую среду [2].

Таким образом, наряду со всеми преимуществами использования энергии атома существуют и некоторые недостатки, связанные, прежде всего, с нераспространением ядерных материалов; обеспечением физической, эксплуатационной и экологической безопасности; обращением с радиоактивными отходами, как в процессе образования, так и на стадии захоронения.

Стоит отметить, что кроме радиоактивных отходов (РАО) имеются и другие не менее опасные и токсичные отходы, в отношении которых также следует проводить политику безопасного обращения. По некоторым оценкам годовой объём производимых во всем мире РАО составляет приблизительно 0,5 % от всех промышленных отходов [3]. Отличительная особенность РАО заключается в том, что уровень их опасности со временем будет снижаться до тех пор, пока они не станут полностью безопасными [2].

Безопасное обращение с РАО и отработавшим ядерным топливом (ОЯТ) является, безусловно, актуальным для России, а также тех зарубежных стран, которые развивают атомную энергетику, используют источники радиоактивного излучения для научных целей, в технике, медицине и сельском хозяйстве.

Создание и развитие безопасной для человека и окружающей среды системы обращения с РАО – важная государственная задача, решение которой базируется на комплексном подходе, глубоком и всестороннем анализе и учете правовых, нормативных, научных, технических, технологических, методических, общественных и политических аспектов.

Цель работы – определение соответствия подходов и технологий финальной изоляции РАО в РФ международным/российским, требованиям и нормам экологичности и безопасности.

Задачи: изучение состояния и исследованию проблем обращения с радиоактивными отходами на стадии их финальной изоляции; исследование особенностей и характеристик пункта ПЗРО в г. Новоуральске; установление соответствия ППЗРО требованиям МАГАТЭ; проведение интервью с экспертом атомной отрасли, а именно с руководителем отделения «Новоуральское» филиала «Северский» «НО РАО» Вячеславом Владимировичем Александровым; проведение социологического опроса среди студентов Новоуральского технологического института НИЯУ МИФИ.

Обеспечение экологической безопасности России в области финальной изоляции радиоактивных отходов является крайне актуальной задачей, поскольку от его решения зависит дальнейшее развитие атомной энергетики.

Научная новизна работы заключается в проведении инспекция безопасности первого приповерхностного ПЗРО твердых РАО в России.

Практическая значимость работы заключается в повышении культуры и информированности населения в вопросах безопасности и экологичности захоронения РАО.

1 Обзор литературы

1.1 Источники образования РАО

Радиоактивные отходы имеют различную природу образования. Далее на рисунке 1.1 представлены основные виды деятельности в области использования атомной энергии, в процессе которых неизбежно происходит образования РАО [4].

Согласно данным, представленным в обзоре «Обращение с РАО в некоторых странах ЕС и в России. Гражданское участие», на территории Российской Федерации накоплено более 500 000 000 м³ РАО различных категорий (около 440 млн м³ ЖРО и 72 млн м³ ТРО), которые размещены приблизительно в 1200 хранилищах различного типа и различного уровня безопасности [5].



Рисунок 1.1 – Источники образования РАО

В настоящее время среднегодовой объем образования РАО в России составляет около 1,3 млн. м³ ТРО и 2,1 млн. м³ ЖРО. Приблизительно 600 тыс. м³ ЖРО приходится на предприятия «Маяк». Часть высокоактивных ЖРО «Маяка» остекловывают, остальное закачивают в водоем-хранилище В-17 (Старое Болото) и Теченский каскад водоемов [5].

В таблице 1.1 представлены количественные показатели накопленных РАО различными организациями [5]. Основной объем ТРО, а это, примерно, 65 363 млн м³ сосредоточен на уранодобывающих предприятиях и относится к категории ОНАО и НАО.

Таблица 1.1 – Организации, отвечающие за накопление РАО [4].

Подразделения	Основные организации	Накопленные РАО, тыс. м ³	
		ТРО	ЖРО
Росэнергоатом	АЭС	117	140
ЯОК	ВНИИЭФ	5	-
	ВНИИТФ	2	1
	«Маяк»	620	318 000
ТВЭЛ	МСЗ	-	230
	АЭХК	3	-
	СХК	350	5000
	ЧМЗ	4500	-
Дивизион по управлению заключительной стадией жизненного цикла	ГХК	225	400
Блок по управлению инновация	НИИАР	400	3
	ФЭИ	23	1
Прочие организации (АРМЗ и др.)		65 363	114 039
Всего:		71 608	437 814

Высокоактивных ТРО накоплено около 77 тыс. м³ (0,1%) и они в основном сосредоточены на ПО «Маяк» в виде остеклованных ЖРО. Ежегодная наработка ТРО составляет 1263 тыс. м³.

Основными наработчиками ТРО являются предприятия уранодобывающего дивизиона ГК «Росатом» (около 1243 тыс. м³ в год).

Средние и высокоактивные ТРО образуются на АЭС (7,1 тыс. м³ в год), ПО «Маяк» (4,5 тыс. м³ в год) и на ГХК (2,25 тыс. м³ в год). На долю остальных предприятий приходится менее 0,5% [5].

1.2 Нормативно-правовое регулирование в отношении РАО

Каждая страна имеет уникальный опыт обращения с РАО, но очевидно, что обсуждение и обмен подобным опытом, сотрудничество в данной области – путь к повышению безопасности и укреплению доверия между государствами. Этой цели служат различные международные организации, например,

авторитетное Международное агентство по атомной энергии (МАГАТЭ), одним из учредителей и активным участником которого является наша страна.

В 2005 году Российской Федерацией была ратифицирована «Объединенная конвенция о безопасности обращения с отработавшим ядерным топливом и о безопасности обращения с радиоактивными отходами», что стало новым этапом в развитии системы обращения с РАО.

В настоящее время законодательно регулирование обращения с РАО в России осуществляется нормами Федерального закона от 11 июля 2011 года № 190-ФЗ «Об обращении с радиоактивными отходами».

Одним из важнейших этапов обращения с РАО является их захоронение. В определении Федерального закона от 11 июля 2011 года № 190-ФЗ «Об обращении с радиоактивными отходами» «захоронение радиоактивных отходов – безопасное размещение радиоактивных отходов в пункте захоронения радиоактивных отходов без намерения их последующего извлечения». В соответствии с вышеупомянутым Федеральным законом, юридическим лицом, уполномоченным осуществлять деятельность по захоронению радиоактивных отходов и иные виды деятельности по обращению с радиоактивными отходами, является национальный оператор по обращению с радиоактивными отходами. Распоряжением Правительства Российской Федерации от 20 марта 2012 г. N 384-р национальным оператором по обращению с радиоактивными отходами определен ФГУП «НО РАО».

В своей статье «Развитие регулирующих основ и нормативно-правового регулирования в области обращения с РАО и ОЯТ» Беззубцев В.С. приводит и поясняет основные положения федерального закона [6].

Во-первых, закон устанавливает правовой режим обращения с ранее накопленными и вновь образующимися радиоактивными отходами.

Во-вторых, государственная корпорация «Росатом» является органом государственного управления в области обращения с РАО. ГК «Росатом» готовит все предложения, которые должно утверждать правительство РФ [6].

В-третьих, закон устанавливает принципы обращения и захоронения

РАО. Ключевым моментом является то, что он создает законодательную основу классификации отходов для обеспечения связи между категоризацией, видами РАО и нормативными требованиями к последующему обращению с ними, включая захоронение.

В-четвертых, вводится принципиально новая классификация, подразделяемая РАО на удаляемые и особые (неизвлекаемые). Обращение с особыми отходами осуществляется с учетом состояния пунктов их размещения и потенциальной опасности. Удаляемые отходы должны быть извлечены, переработаны, кондиционированы и захоронены (они классифицируется по способу захоронения). Законом также устанавливается, что захоронение жидких РАО возможно только в трех пунктах глубинного захоронения, действующих в настоящее время [6].

В-пятых, законом предусмотрено создание специальной организации, ответственной за захоронение отходов, – национального оператора по обращению с РАО.

На рисунке 1.2 наглядно продемонстрированы этапы и цели, которые Российская Федерация реализует в рамках международных обязательств в сфере безопасного обращения с РАО [7].



Рисунок 1.2 – Структура реализации международных обязательств РФ в области безопасного обращения с РАО

Важно отметить, что с принятием данного закона Россия сделала серьезный шаг в направлении унификации своего законодательства в области безопасного обращения с РАО с законодательством ведущих зарубежных стран и международными нормами [6].

1.2.1 Перечень основополагающих документов МАГАТЭ

Международное агентство по атомной энергии (МАГАТЭ) имеет ряд документов, связанных с общими принципами обращения с РАО. Далее перечислены основные из них [8]:

- Классификация радиоактивных отходов. Серия изданий по безопасности No 111-G-1.1, МАГАТЭ, Вена, 1994.
- Объединенная конвенция о безопасности обращения с отработавшим топливом и о безопасности обращения с радиоактивными отходами, Вена, МАГАТЭ, NFCIRC/546, 1997.
- Принципы обращения с радиоактивными отходами. Серия изданий по безопасности, Основы безопасности, МАГАТЭ, Серия изданий по безопасности № 111-F, МАГАТЭ, Вена, 1996.
- Принципы безопасности и технические критерии для подземного захоронения радиоактивных отходов высокого уровня активности. МАГАТЭ, серия изданий по безопасности № 99, Вена, 1990.
- Обращение с радиоактивными отходами, образующимися при добыче и переработке урановых и ториевых руд. Серия по безопасности МАГАТЭ №85, WS-G-1.2, Вена, 1989.
- Правила безопасной перевозки радиоактивных материалов, издание 1996TS-R-1 (ST-1, исправленное), МАГАТЭ, Вена, 2000 г.
- Оценка безопасности приповерхностных захоронений радиоактивных отходов. Серия норм безопасности МАГАТЭ, № WS-G-1.1, МАГАТЭ, Вена, 1999.

- Приповерхностное захоронение радиоактивных отходов. Серия норм МАГАТЭ по безопасности № WS-R-1, МАГАТЭ, Вена, 2003.
- Классификация радиоактивных отходов, GSG-1, Серия изданий по безопасности No. DS 390, МАГАТЭ, Вена, 2010.
- Технологические и организационные аспекты обращения с радиоактивными отходами МАГАТЭ, Вена, 2005.

1.2.2 Перечень основополагающих документов Российской Федерации

В Российской Федерации вопросы, связанные с обращением с радиоактивными отходами оформлены и закреплены в виде федеральных законов и постановлений правительства. Например, таких как [8]:

- «Об использовании атомной энергии» от 21 ноября 1995 г. № 170-ФЗ. (с изменениями на 3 июля 2016 года).
- «Об обращении с радиоактивными отходами и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» от 11.07.2011 N 190-ФЗ (ред. от 02.07.2013).
- «О радиационной безопасности населения» от 09.01.1996 N 3-ФЗ (ред. от 19.07.2011).
- «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» от 30 марта 1999 г. № 52-ФЗ.
- «Об охране окружающей среды» от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ.
- «О безопасности гидротехнических сооружений» от 23 июня 1997 г. № 117-ФЗ.
- «О недрах» от 2 января 2000 г. № 20-ФЗ.
- «О техническом регулировании» от 27 декабря 2002 г. N9 184-ФЗ.
- Правила организации системы государственного учета и контроля радиоактивных веществ и радиоактивных отходов от 11 ноября 1997 г.

(последняя редакция утверждена постановлением Правительства Российской Федерации от 1 февраля 2005 г № 49) № 1298.

- Положение о Федеральном надзоре России по ядерной и радиационной безопасности от 22 апреля 2002 № 265.

- О Федеральной службе по экологическому, технологическому и атомному надзору от 30 июля 2004 г. № 401.

- Правила физической защиты ядерных материалов, ядерных установок и пунктов хранения ядерных материалов от 7 марта 1997 г. № 264 с изменениями от 31 июля 1998 г., 8 августа 2003 г. и 19 июля 2007 г. №456.

- Положение о государственном учете и контроле радиоактивных веществ и радиоактивных отходов в Российской Федерации, утвержденное приказом министра Российской Федерации по атомной энергии от 10 декабря 1999 г. № 761.

- Положения о лицензировании деятельности по использованию радиоактивных материалов при проведении работ по использованию атомной энергии в оборонных целях (Постановление Правительства Российской Федерации от 20 июня 2000 г. № 471 (ред. от 26 января 2007 г.).

- Условия страхования гражданской ответственности за ядерный ущерб при обращении с радиоактивными материалами, не подпадающими под действие Венской конвенции о гражданской ответственности за ядерный ущерб, М., 2009. (утв. генеральным директором Госкорпорации «Росатом», 2009).

1.3 Определение и классификация РАО

1.3.1 Российская Федерация

В соответствии с российским «Законом об использовании атомной энергии» № 170-ФЗ от 21.11.1995 (с изменениями на 3 июля 2016 года) радиоактивные отходы – это не подлежащие дальнейшему использованию материалы и вещества, а также оборудование, изделия (в том числе отработавшие источники ионизирующего излучения), содержание

радионуклидов в которых превышает уровни, установленные в соответствии с критериями, установленными Правительством Российской Федерации [9].

Минимальная значимая удельная активность (МЗУА) это величина, которая является основой для классификации РАО в России. Данное значение вводится двумя документами: «Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности» (ОСПОРБ-99/2012) и «Санитарные правила обращения с радиоактивными отходами» (СПОРО-2002) [8].

Активность минимально значимая удельная (МЗУА) – удельная активность открытого источника ионизирующего излучения в помещении или на рабочем месте, при превышении которой требуется разрешение органов государственной санитарно-эпидемиологической службы на использование этого источника, если при этом также превышено значение МЗА [10].

Активность минимально значимая (МЗА) – активность открытого источника ионизирующего излучения в помещении или на рабочем месте, при превышении которой требуется разрешение органов государственной санитарно-эпидемиологической службы на использование этих источников, если при этом также превышено значение МЗУА [10].

К РАО относятся не подлежащие дальнейшему использованию вещества, материалы, смеси, изделия, удельная активность техногенных радионуклидов в которых превышает МЗУА (сумма отношений удельных активностей техногенных радионуклидов к их МЗУА превышает единицу для смеси радионуклидов). Значения МЗУА приведены в приложении 4 (НРБ-99/2009) [8]. В таблице 1.2 представлены значения МЗУА и МЗА для некоторых радионуклидов.

Таблица 1.2 – МЗУА и МЗА радионуклидов в помещении и на рабочем месте

Нуклид	МЗУА, Бк/г	МЗА, Бк
углерод-14	10^4	10^7
цезий-137	10^1	10^4
радон-220	10^4	10^7
уран природный	10	10^3
уран-235	10^1	10^4

Продолжение таблицы 1.2

плутоний-239	1	10^4
эйнштейний-254	1	10^4

При неизвестном радионуклидом составе отходы являются радиоактивными, если суммарная удельная активность техногенных радионуклидов в них больше:

- 100 Бк/г для бета-излучающих радионуклидов;
- 10 Бк/г для альфа-излучающих радионуклидов;
- 1,0 Бк/г для трансурановых радионуклидов.

По агрегатному состоянию РАО классифицируют на жидкие (ЖРО), твердые (ТРО) и газообразные (ГРО). Это позволяет упростить формирование требований и условий при обращении с РАО на различных этапах. На рисунке 1.3 представлено описание для каждого из видов РАО [8].



Рисунок 1.3 – Классификация РАО по агрегатному состоянию

По удельной активности ТРО можно разделить на четыре категории, а именно очень низкоактивные (ОНАО), низкоактивные (НАО), среднеактивные (САО) и высокоактивные (ВАО). В свою очередь ЖРО подразделяют на 3 категории: низкоактивные (НАО), среднеактивные (САО) и высокоактивные (ВАО). В таблице 1.3 приведены установленные значения удельной активности для каждой категории [11].

Таблица 1.3 – Классификация ТРО и ЖРО в РФ

Категория отходов	Удельная активность, кБк/кг			
	β -излучающие радионуклиды	α -излучающие радионуклиды (исключая трансурановые)	Трансурановые радионуклиды	Тритий Н ³
Твердые радиоактивные отходы (ТРО)				
Очень низкоактивные	до 10^3	до 10^2	до 10^1	до 10^7
Низкоактивные	менее 10^3 до 10^4	от 10^2 до 10^3	от 10^1 до 10^2	от 10^7 до 10^8
Среднеактивные	от 10^4 до 10^7	от 10^3 до 10^6	от 10^2 до 10^5	от 10^8 до 10^{11}
Высокоактивные	более 10^7	более 10^6	более 10^5	более 10^{11}
Жидкие радиоактивные отходы (ЖРО)				
Низкоактивные	до 10^3	до 10^2	до 10^1	до 10^4
Среднеактивные	от 10^3 до 10^7	от 10^2 до 10^6	от 10^1 до 10^5	от 10^4 до 10^8
Высокоактивные	более 10^7	более 10^6	более 10^5	более 10^8

Для предварительной сортировки ТРО рекомендуется использование критериев уровню радиоактивного загрязнения по мощности дозы гамма-излучения на расстоянии 1 м от поверхности при соблюдении условий измерения в соответствии с утвержденными методиками [8]:

- НАО – от 0,001 до 0,3 мГр/ч;
- САО – от 0,3 до 10 мГр/ч;
- ВАО – более 10 мГр/ч.

Ниже в таблице 1.4 представлена классификация ТРО по уровню радиоактивного загрязнения [8].

Таблица 1.4 – Классификация ТРО по уровню загрязнения

Категория отходов	Уровень радиоактивного загрязнения, част/см ² мин		
	β -излучающие радионуклиды	α -излучающие радионуклиды (исключая трансурановые)	Трансурановые радионуклиды
НАО	от 500 до 10000	от 50 до 1000	от 5 до 100

Продолжение таблица 1.4

Категория отходов	Уровень радиоактивного загрязнения, част/см ² мин		
	β-излучающие радионуклиды	α-излучающие радионуклиды (исключая трансурановые)	Трансурановые радионуклиды
CAO	от 10 ⁴ до 10 ⁷	от 10 ³ до 10 ⁶	от 10 ² до 10 ⁵
BAO	более 10 ⁷	более 10 ⁶	более 10 ⁵

В России также принято классифицировать радиоактивные отходы по классу опасности. В таблице 1.5 представлено описание каждого из шести классов РАО, принятых в РФ [12].

Таблица 1.5 – Классификация РАО по классу опасности

Номер класса	Агрегатное состояние	Описание	Способ захоронения
1	ТРО	– материалы – оборудование – изделия – отвержденные ЖРО – ВАО с высоким тепловыделением	Финальная изоляция в пунктах глубинного захоронения с предварительной выдержкой
2	ТРО	– материалы – оборудование – изделия и грунт – отвержденные ЖРО – ОИИИ 1-й и 2-й категорий ВАО с низким тепловыделением – CAO долгоживущие	Финальная изоляция в пунктах глубинного захоронения
3	ТРО	– материалы – оборудование – изделия и грунт – отвержденные ЖРО – ОИИИ 3-й категории – CAO короткоживущие – НАО долгоживущие	Финальная изоляция в пунктах приповерхностного захоронения на глубине до 100 м
4	ТРО	– материалы – оборудование – изделия биологические объекты – Грунт – отвержденные ЖРО – ОИИИ 4-й и 5-й категорий – НАО короткоживущие – ОНАО долгоживущие	Финальная изоляция в пунктах приповерхностного захоронения на уровне земли
5	ЖРО	– органические и неорганические жидкости	Финальная изоляция в существующих пунктах

Продолжение таблица 1.5

Номер класса	Агрегатное состояние	Описание	Способ захоронения
		– пульпы – шламы – САО короткоживущие – НАО долгоживущие	глубинного захоронения
6	-	РАО, образующиеся при добыче и переработке урановых руд, минерального и органического сырья с повышенным содержанием природных радионуклидов	Финальная изоляция в пунктах приповерхностного захоронения

Классификация РАО в России предназначена в основном для оценки воздействия ионизирующего излучения на здоровье человека, т.е. является основой для формулирования требований по обеспечению радиационной безопасности на любых этапах обращения с отходами [8].

В федеральном законе "Об обращении с радиоактивными отходами и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации" № 190-ФЗ от 11.07.2011 (с изменениями на 2 июля 2013 года) Законе предлагается также разделять РАО на следующие виды [13]:

- удаляемые радиоактивные отходы – РАО, для которых риски, связанные с радиационным воздействием, и иные риски, а также затраты, связанные с их извлечением, последующим обращением и захоронением, не превышают рисков и затрат, связанных с их захоронением в месте нахождения;
- особые радиоактивные отходы – РАО, для которых риски, связанные с радиационным воздействием, и иные риски, а также затраты, связанные с их извлечением из пункта хранения радиоактивных отходов, последующим обращением и захоронением, превышают риски и затраты, связанные с их захоронением в месте нахождения.

Данная дифференциация помогает определить отходы, которые не имеет смысла извлекать из существующих мест хранения и перемещать в другие места для их захоронения, поскольку с этой деятельностью могут быть связаны большие радиационные риски [8].

1.3.2 Международное агентство по атомной энергии

Согласно определению МАГАТЭ радиоактивные отходы (РАО) это те отходы, которые содержат или загрязнены радионуклидами в концентрациях выше уровней, установленных регулируемыми органами. Радиоактивные отходы могут образовываться в результате аварий при работе с радиоактивными материалами, а также при снятии с эксплуатации ядерных установок [14].

В некоторых случаях природные материалы могут содержать настолько высокие количества естественных (присутствующих в природе) радионуклидов, что они могут также классифицироваться как радиоактивные, а, соответственно, требовать специального обращения.

Все отходы, содержание радионуклидов в которых превышает установленный уровень, считаются радиоактивными и, как следствие, объявляются опасными для человека и окружающей среды [14].

Поэтому радиоактивные отходы должны обрабатываться, храниться и захораниваться так, чтобы не причинять человеку и окружающей среде неприемлемого ущерба, как в настоящее время, так и в будущем. Для достижения этой цели обращение с радиоактивными отходами требует системного подхода, который в каждой стране определяется законодательством, определяющим, в свою очередь, роль и ответственность всех, кто имеет отношение к этой проблеме.

Первостепенной целью при обращении с радиоактивными отходами является охрана здоровья человека и обеспечение безопасности для окружающей среды.

Радиоактивные отходы образуются в различных формах и характеризуются различными физико-химическими свойствами, концентрацией и периодом полураспада радионуклидов.

В руководстве МАГАТЭ предлагается устанавливать категории (классы) РАО в зависимости от способа их утилизации и захоронения, при этом рассматриваются следующие варианты обращения с РАО [8]:

- выведение или изъятие из сферы регулирования безопасности;
- хранение с целью снижения активности до уровней выведения;
- захоронение в наземных хранилищах упрощенного типа (типа полигонов промышленных отходов);
- захоронение в приповерхностных хранилищах (траншейного, котлованного, бункерного, шахтного типа), глубина захоронения которых составляет несколько десятков метров;
- захоронение в приповерхностных хранилищах более глубокого заложения (в основном шахтного типа) на средней глубине от нескольких десятков до нескольких сотен метров;
- захоронение в глубинных хранилищах на глубине нескольких сотен метров и более (геологическое захоронение).

На основе этого подхода были определены шесть основных классов РАО, которые представлены в приложении В [8].

Важно отметить, что классификация МАГАТЭ не предусматривает установление определённых количественных показателей для категорирования РАО, поскольку это право предоставлено национальным органам по регулированию безопасности [8].

Сравнивая классификации радиоактивных отходов в России и МАГАТЭ, можно выявить принципиальные различия и сходства. Так, Н.С. Пронкин в своем пособии «Обеспечение безопасности хранилищ радиоактивных отходов предприятий ядерного топливного цикла» проводит анализ этих классификаций, выявляя различные и общие положения. В таблице 1.6 представлена сводная таблица классификаций, принятой в России и рекомендуемой МАГАТЭ [8].

Таблица 1.6 – Особенности системы классификации РФ и МАГАТЭ

Российская Федерация	МАГАТЭ
Различия	
Основная цель классификации РАО – обеспечение безопасности персонала и населения при обращении с РАО на	Основная цель классификации РАО – обеспечение безопасности после захоронения в течение всего срока

Продолжение таблицы 1.6

Российская Федерация	МАГАТЭ
Различия	
начальных стадиях (сбор, сортировка, переработка, кондиционирование)	потенциальной опасности захороненных РАО
В классификаторе РАО РФ осуществляется разделение на жидкие, твердые и газообразные отходы	Классификатор МАГАТЭ не разделяет отходы на жидкие, твердые и газообразные, поскольку подразумевается, что захоронению подлежат только твердые или отвержденные РАО
В российском классификаторе степень опасности определяется не только величиной удельной активности, но и типом радионуклидов в РАО.	В классификаторе МАГАТЭ степень опасности характеризуется соответствующим количеством долгоживущих радионуклидов и способностью РАО к тепловыделению.
Сходства (непротиворечивые положения)	
Классификатор России для РАО с удельной активностью ниже уровня отнесения к НАО не противоречит классификатору МАГАТЭ, поскольку также выделяет: – отходы, не подлежащие контролю (материалы неограниченного использования, п. 3.11.3, 3.11.5 ОСПОРБ-99/2010); – очень короткоживущие отходы (отходы, активность которых спадает до уровня МЗУА в течение года, п. 5.7 СПОРО-2002, РАО с периодом полураспада менее 15 суток п. 3.12.13 ОСПОРБ-99/2010); – очень низкоактивные отходы (отходы, чья удельная активность ниже порога отнесения к РАО, которые невозможно использовать в дальнейшем, пп. 3.11.1 и 3.11.2 ОСПОРБ-99/2010, а также материалы ограниченного и неограниченного использования, п. 3.11.3 и 3.11.4. ОСПОРБ-99/2010).	
Классификацию МАГАТЭ, направленную на обеспечение долговременной безопасности захоронения РАО, можно с успехом применять и в России при выборе площадки для захоронения и способа захоронения РАО	

1.3.3 Франция

Три четверти электроэнергии во Франции производится на 58 реакторных блоках 19 АЭС суммарной мощностью 63,1 ГВт. Атомная энергетика вырабатывает 72,3 % электроэнергии во Франции.

Выработка французских АЭС за период с января по сентябрь 2017 года составила 283,3 миллиарда киловатт-часов, передаёт "Reuters" со ссылкой на компанию EDF [15].

На рисунке 3.2 представлены объекты использования атомной энергии [16].

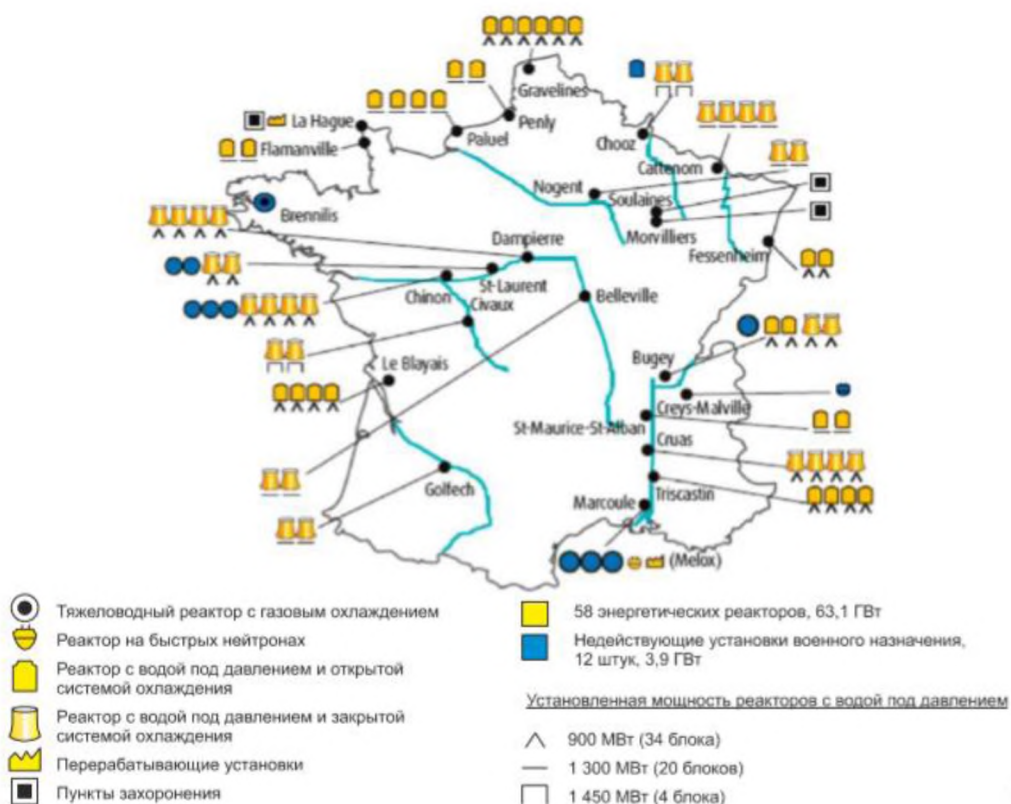


Рисунок 1.4 – Предприятия атомной отрасли Франции

В ближайшее время Франция не планирует строительства большого количества новых реакторных блоков, так как средний возраст большинства действующих на сегодняшний день установок не превышает 27 лет при проектном сроке службы 40 лет. Кроме того, срок службы большинства блоков в дальнейшем планируется увеличить до 60 лет, а закрытие газодиффузионного завода по обогащению урана позволит значительно сократить потребность в электроэнергии. Именно по этой причине вопрос нового реакторного строительства для Франции может стать действительно актуальным лишь спустя несколько десятилетий [16].

Во Франции реализуется замкнутый топливный цикл, предполагающий переработку ОЯТ и возвращение урана и плутония в ЯТЦ. Изначально переработка ОЯТ производилась с целью получения плутония, шедшего на изготовление топлива для нового поколения реакторов на быстрых нейтронах. Однако в связи с задержками в реализации проектов быстрых реакторов плутоний стал использоваться для изготовления МОКС-топлива уже эксплуатируемых реакторов.

Обращение с РАО во Франции осуществляется на основании закона «О ядерных материалах и программе по обращению с РАО» от 2006 года. В соответствии с этим законом, сооружение пунктов глубинного захоронения с возможностью повторного извлечения отходов в течение не менее 100 лет после их захоронения было признано наиболее предпочтительным вариантом обращения с ВАО и долгоживущими РАО. Кроме того, закон предусматривает каждые три года производить пересмотр Национального плана по обращению с радиоактивными материалами и РАО [16].

Французская классификация разделяет все радиоактивные отходы на 3 класса: А, В, С [8].

Так к категории С-отходов относятся – остеклованные ВАО и не подлежащее переработке облученное урановое и МОХ-топливо.

К категории В-отходов относят долгоживущие САО (в основном трансурановые отходы от переработки ОЯТ).

И к категории А-отходов относятся РАО, содержащие короткоживущие низкоактивные и среднеактивные, бета- и гамма-радионуклиды, а также альфа-радионуклиды в небольших количествах (не более 0,1 Ки/т).

Классификация РАО, принятая во Франции, представлена в таблице 1.7 [8]. Особенность французской классификации РАО состоит в том, что заранее не устанавливаются никакие предельные значения содержания радионуклидов для отдельных категорий РАО. Максимально допустимое содержание радионуклидов в РАО при данном способе обращения определяется путем проведения анализа безопасности с учетом особенностей данного способа обращения с РАО и их захоронения [8].

Таблица 1.7 – Классификация РАО Франции

Уровень активности	Способ захоронения		
	Очень короткоживущие (менее 100 дней)	Короткоживущие (менее 30 дней)	Долгоживущие (более 30 дней)
ОНАО (от 1 кБк/кг до 100 кБк/кг)	Выдержка с целью снижения удельной активности до допустимых значений	Захоронение в наземном хранилище В Морвилье.	

Продолжение таблицы 1.7

Уровень активности	Способ захоронения		
	Очень короткоживущие (менее 100 дней)	Короткоживущие (менее 30 дней)	Долгоживущие (более 30 дней)
НАО		Наземное хранилище в Об, кроме РАО, содержащих тритий, и закрытых источников излучения	Заглубленное приповерхностное захоронение (на глубине около 15 м)
САО		Захоронение в наземных хранилищах упрощенного (полигоны)	Захоронение в глубоких геологических формациях
ВАО		Захоронение в глубоких геологических формациях	

В классификации РАО во Франции следует отметить выделение категорий долгоживущих твердых НАО и САО, способы захоронения которых отличаются от захоронения короткоживущих НАО и САО [8].

1.3.4 Швеция

В Швеции эксплуатируются 10 реакторных блоков. В целом на АЭС производится около 48% всей энергии, вырабатываемой в стране. В течение последних 30 лет Швеция проводила политику постепенного отказа от использования атомной энергии. Однако в 2010 году Парламент страны принял решение, санкционировавшее строительство новых реакторных блоков на площадке АЭС Рингхальс, а в 2012 году заявка на сооружение двух реакторных блоков была направлена на рассмотрение Шведскому управлению радиационной безопасности. Между тем подробный план реализации данной программы до сих пор не утвержден [16].

Долгоживущие НАО и САО планируется разместить в пункте геологического захоронения на глубине около 300 м, который SKB собирается ввести в эксплуатацию лишь к середине 2040-х годов. На данный момент короткоживущие НАО и САО размещают в специальном пункте захоронения короткоживущих РАО – SFR, а ОНАО либо вывозят на специализированные

полигоны (таких полигонов в Швеции четыре), либо освобождают от регулирующего контроля и отправляют на полигоны для нерадиоактивных отходов.

Процедура освобождения от регулирующего контроля является важным элементом системы обращения с РАО в Швеции. Так, в 2004 году из-под регулирующего контроля было выведено около 600 тонн отходов, которые впоследствии были захоронены на муниципальных полигонах, и еще около 500 тонн металлолома активностью менее 500 Бк/г было направлено на переработку [16].

В Швеции РАО разделяются на следующие категории в зависимости от предполагаемого типа захоронения [8]:

- ОНАО;
- короткоживущие НАО и САО, образующиеся при эксплуатации объектов ИАЭ;
- РАО, образованные при выводе из эксплуатации АЭС;
- ОЯТ долгоживущие РАО.

В таблице 1.8 представлена классификация РАО в Швеции [8].

Таблица 1.8 – Категории РАО в Швеции

Категория РАО	Критерии	Способ захоронения
ОНАО	общая активность хранилища должна быть менее 100 ГБк, для упаковок РАО удельная активность радионуклидов с периодами полураспада более 5 лет должна быть менее 300 кБк/кг, мощность дозы на поверхности каждой упаковки отходов должна быть ниже 0,5 мЗв/ч.	ОНАО размещаются в наземных хранилищах на площадке
НАО и САО	Образующиеся при эксплуатации объектов ИАЭ.	Захоронение осуществляется в хранилище SFR-1
РАО	Образующихся при выводе из эксплуатации АЭС.	предполагается осуществлять в хранилища в скальных породах, в том числе в хранилище SFR-3
ОЯТ	ОЯТ и другие долгоживущие РАО в настоящее время содержатся в центральном хранилище для временного хранения ОЯТ С LAB.	Захоронение в хранилище SFL 3-5

1.3.5 Финляндия

В Финляндии действуют четыре реакторных блока АЭС Ловииса и Олкилуото. В Финляндии утверждена стратегия прямого захоронения ОЯТ. В декабре 2000 года Правительство приняло решение о строительстве пункта геологического захоронения на площадке Олкилуото в городе Эурайоки. В 2004 году началось сооружение подземного объекта ONKALO для определения характеристик вмещающих пород [16].

В Финляндии действует закон «О ядерной энергии», согласно которому ядерные отходы – это ОЯТ или РАО, находящиеся в иной форме и произведенные в результате деятельности по использованию атомной энергии. Производители ядерных отходов в полной мере несут ответственность за обращение с ОЯТ и РАО.

Согласно финской классификации РАО, твердые и жидкие отходы, образующиеся на АЭС и содержащие по большей части только короткоживущие бета- и гамма-излучающие радионуклиды, по активности делятся на две категории:

Низкоактивные отходы содержат настолько малые концентрации радиоактивных веществ, что их переработка на АЭС может производиться без специальных мер предосторожности. При этом удельная активность таких отходов, как правило, не превышает 1 МБк/кг.

Среднеактивные отходы содержат более высокие концентрации радиоактивных веществ, при которых в процессе обращения на АЭС требуется применение специальных мер предосторожности. При этом удельная активность таких отходов находится в диапазоне от 1 МБк/кг до 10 ГБк/кг. Кроме того, финская система классификации учитывает деление РАО на долго- и короткоживущие:

Короткоживущими отходами являются РАО, удельная активность которых через 500 лет [16]:

- не превысит 100 МБк/кг для отдельной упаковки с отходами;

- не превысит 10 МБк/кг для ячейки захоронения.

Долгоживущими отходами являются РАО, удельная активность которых через 500 лет [16]:

- превысит 100 МБк/кг для отдельной упаковки с отходами;
- превысит 10 МБк/кг для ячейки захоронения.

САО и НАО, образующиеся в результате эксплуатации АЭС, захораниваются в приповерхностных пунктах захоронения, расположенных на приреакторных площадках.

Пункт захоронения на АЭС Олкилуото принимает НАО и САО с 1992 года, а на АЭС Ловииса – с 1998 года. Кроме того, на этих площадках имеются установки по кондиционированию РАО. В таблице 1.9 представлена классификация радиоактивных отходов в Финляндии [8].

Таблица 1.9 – Классификация РАО в Финляндии

Категории ЯО	Критерии	Способ захоронения
ОЯТ	общая активность хранилища должна быть менее 100 ГБк, для упаковок РАО удельная активность радионуклидов с периодами полураспада более 5 лет должна быть менее 300 кБк/кг, мощность дозы на поверхности каждой упаковки отходов должна быть ниже 0,5 мЗв/ч.	Пункты глубинного захоронения
НАО и САО	Образующиеся при эксплуатации объектов ИАЭ.	Пункты захоронения на средней глубине
Сбросы/выбросы Освобожденные РАО	Образующихся при выводе из эксплуатации АЭС.	Море, воздух, полигоны
Другие РАО	Кондиционированные ЖРО	Централизованное хранение
	ЖРО	Сброс через канализационную систему
	ТРО	Полигоны
	ГРО	Воздух

1.4 Этапы обращения с РАО

Обеспечение безопасности при обращении с РАО является одной из важных составляющих национальной безопасности государства и обязательным условием использования атомной энергии в настоящее время и в будущем.

Процесс образования радиоактивных отходов сопровождает все стадии ядерно-топливного цикла. Основные стадии процесса обращения с РАО, начиная с их образования до захоронения, представлены на рисунке 1.5 с указанием целей или операций, составляющих эти стадии [14].

Важным этапом для определения стадий и стратегии обращения с РАО является их характеристика, то есть определение их физических, химических и радиационных свойств.

В результате часть отходов может быть освобождена от контроля или направлена на повторное использование; кроме того, отходы разделяются на группы для обеспечения соответствия принятым методам обработки, а также требованиям хранения и захоронения. Данные о характере и свойствах отходов передаются с одной стадии обработки на другую для их регистрации, учета и документирования [14].

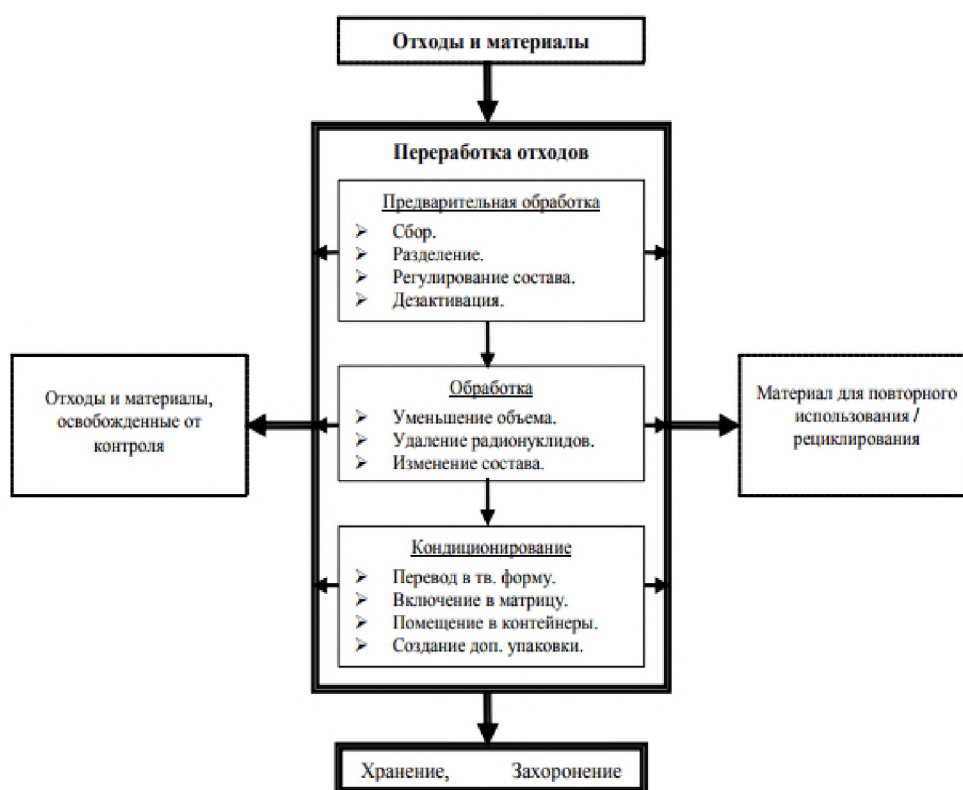


Рисунок 1.5 – Стадии обращения с РАО

На рисунке 1.6 представлены этапы обращения с РАО в России [17]. Под специализированными организациями по обращению с РАО понимаются юридические лица, выполняющие работы и предоставляющие услуги по сбору, сортировке, переработке, кондиционированию, перевозке, хранению РАО,

эксплуатации, выводу из эксплуатации или закрытию пунктов хранения (захоронения) РАО.

В настоящее время в Российской Федерации крупнейшей специализированной организацией по обращению с РАО является ФГУП «Предприятие по обращению с радиоактивными отходами «РосРАО», в состав которого входит 8 филиалов, управляющих деятельностью 21 отделения, площадки которых расположены по всей территории Российской Федерации [17].



Рисунок 1.6 – Схема обращения с РАО

1.5 ФГУП "Национальный оператор по обращению с радиоактивными отходами"

Федеральное государственное унитарное предприятие «Национальный оператор по обращению с радиоактивными отходами» (ФГУП «НО РАО») создано на основании Федерального закона от 11.07.2011 № 190-ФЗ «Об обращении с радиоактивными отходами и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» на базе государственного предприятия «Центральная научно-исследовательская лаборатория отраслевых инновационных технологий», образованного в соответствии с приказом Министерства атомной энергетики и промышленности СССР от 09.04.1990 № 269 [17].

Распоряжением Правительства Российской Федерации от 20.03.2012 № 384-р ФГУП «НО РАО» наделено статусом национального оператора по обращению с радиоактивными отходами и является единственной организацией, уполномоченной вести деятельность по финальной изоляции радиоактивных отходов (РАО), а также другие связанные с этим функции.

Предприятие образовано для обеспечения решения проблем, связанных с накопленным советским ядерным наследием и вновь образующимся РАО. Финальная изоляция РАО с учетом любых потенциальных экологических рисков именно в этом и заключается основная цель «НО РАО».

Миссией национального оператора является обеспечение экологической безопасности Российской Федерации в области финальной изоляции радиоактивных отходов [17].

1.5.1 Основные виды деятельности

Основными видами деятельности ФГУП «НО РАО» являются [6,12]:

- Размещение пунктов окончательной изоляции РАО, включая определение перспективных площадок и обоснование возможности размещения и сооружения;
- Выполнение функции заказчика проектирования и сооружения пунктов окончательной изоляции РАО;
- Обеспечение эксплуатации и закрытия пунктов окончательной изоляции РАО;
- Информирование населения, органов государственной власти, иных государственных органов, органов местного самоуправления по вопросам безопасности при обращении с радиоактивными отходами и о радиационной обстановке на территориях размещения эксплуатируемых национальным оператором пунктов хранения радиоактивных отходов;
- Обеспечение эксплуатации и закрытия пунктов окончательной изоляции РАО;
- Обеспечение безопасного обращения с принятыми для осуществления окончательной изоляции РАО.

Стоит отметить, что на данный момент, «НО РАО» осуществляет свою деятельность по двум основным направлениям: текущая (эксплуатационная) деятельность; деятельность по созданию пунктов финальной изоляции РАО [17].

1.5.2 Отделение «Новоуральское» филиала «Северский» «НО РАО»

На сегодняшний день в городе Новоуральске Свердловской области осуществляет деятельность первый и пока единственный в России пункт окончательной изоляции среднеактивных короткоживущих и низкоактивных отходов 3 и 4 классов опасности – пункт приповерхностного захоронения радиоактивных отходов (ППЗРО). Объект построен АО «УЭХК» и в 2016 году передан для эксплуатации ФГУП «НО РАО».

«Решение о размещении пунктов ПЗРО на территории города Новоуральск было обусловлено тем, что это был один из пунктов федеральной целевой программы «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2008 год и на период до 2015 года», который был принят на достаточно высоком уровне. Уральский электрохимический комбинат был пионером в области проектирования и строительства пунктов захоронения для радиоактивных отходов 3 и 4 классов. В связи с этим у нас в Новоуральске появился первый пункт, который изначально был построен, потом введен в эксплуатацию, затем начал принимать радиоактивные отходы. Это решение правительства РФ» – отмечает начальник отделения «Новоуральское» филиала «Северский» «НО РАО» В.В. Александров [18].

В соответствии со статусом пункта ПЗРО г. Новоуральска на захоронение могут приниматься кондиционированные формы РАО 3 и 4 классов по классификации удаляемых РАО, утверждённой Постановлением Правительства РФ от 19.10.2012 № 1069 [19].

- РАО 3 класса подлежат в соответствии с критериями приемлемости, установленными федеральными нормами и правилами, регулирующими обращение с РАО, захоронению в пунктах приповерхностного захоронения РАО, размещаемых на глубине до 100 м [20].

- РАО 4 класса подлежат в соответствии с критериями приемлемости, установленными федеральными нормами и правилами, регулирующими обращение с РАО, захоронению в пунктах приповерхностного захоронения РАО,

размещаемых на одном уровне с поверхностью земли [20].

Основные источники РАО, принимаемые для захоронения на ППЗРО в г. Новоуральске – это радиоактивные отходы, образующиеся в рамках производственной деятельности и деятельности по выводу из эксплуатации объектов АО «УЭХК» [19]. Дополнительные источники образования отходов, планируемых к захоронению – Федеральные РАО, образующиеся при реализации мероприятий, предусмотренных Федеральной целевой программой «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2016-2020 годы и на период до 2030 года»; РАО, образующиеся от деятельности предприятий АО «ТВЭЛ» и других предприятий, при их соответствии критериям приемлемости для захоронения в ПЗРО [19].

Площадка пункта изоляции расположена в единой промышленной зоне города Новоуральска, к северу от жилых районов. Ближайшие к хранилищу населенные пункты:

- в 4 км к югу расположен г. Новоуральск;
- в 4,5 км к северу находится поселок Белоречка;
- в 4,8 км к югу-востоку находится поселок Верх-Нейвинский;
- в 5 км к северо-востоку - поселок Нейво-Рудянка.

На рисунке 8 представлена схема пункта ПЗРО с изображением очередей и точек радиационного контроля [17].

Карта №10 имеет габариты 140×24×7 м. Карта ПЗРО представляет собой монолитное железобетонное сооружение прямоугольной формы.

Перекрытие – из сборных железобетонных съемных плит по монолитным ригелям, опирающимся на наружные стены и промежуточные колонны. Наружные стены и днище – монолитные; железобетонные колонны сечением 400х400 мм, ригели – монолитные железобетонные, сечением 500х1600 мм. Сборные плиты перекрытия – из бетона, толщиной 400 мм, сплошного сечения [19].

Годовая производительность при эксплуатации ППЗРО составляет до 4500 м³ РАО с учетом внешних габаритных размеров упаковок.

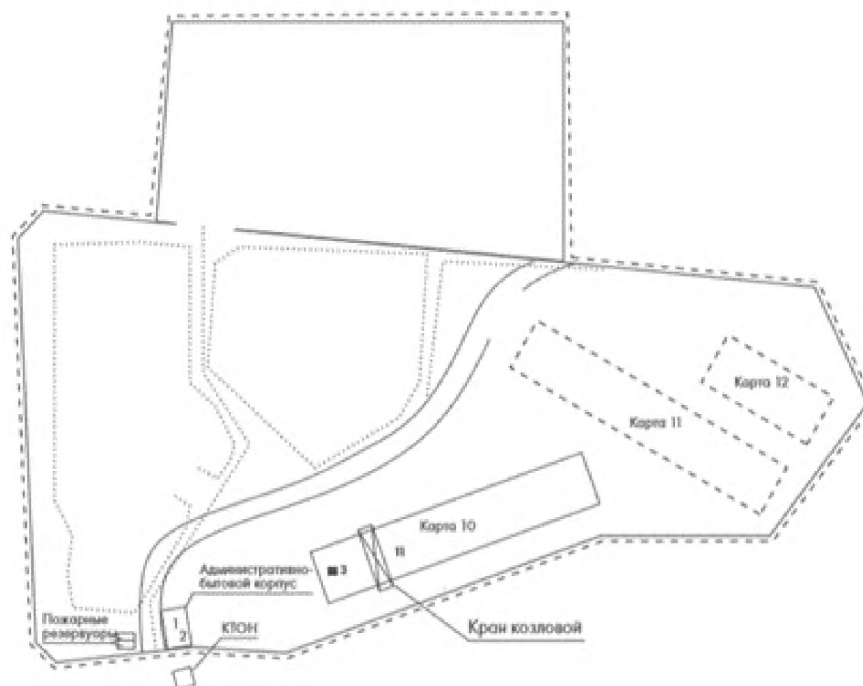


Рисунок 1.7 – Схема пункта ПЗРО в г. Новоуральске

Стадии жизненного цикла ПЗРО [19]:

- эксплуатационная стадия (загрузка РАО);
- постэксплуатационная стадия (после закрытия объекта).

Общий срок эксплуатации 10 карты ПЗРО в режиме размещения РАО составляет, примерно, 5 лет. В таблице 1.10 представлены количественные показатели вместимости пункта захоронения [19].

Таблица 1.10 – Показатели вместимости ПЗРО

Показатель	Общее количество, м ³
Карта № 10	14 979
Карта № 11	16394,9
Карта № 12	16394,9
Общая вместимость РАО	47768,8

Особенность площадки ПЗРО в г. Новоуральске заключается в том, что «именно здесь воплощены те требования по обеспечению безопасности, которые были сформулированы на современном этапе. В том числе с учетом уже имеющегося опыта на предприятиях Росатома и имеющегося опыта на предприятиях зарубежных стран» [18].

Важно отметить, что строительству ПЗРО предшествовало широкое общественное обсуждение, в общественных слушаниях принимали активное

участие студенты и сотрудники НТИ НИЯУ МИФИ. Стоит отметить, что студенты НТИ, также принимают непосредственное участие в реализации общественного контроля над деятельностью ППЗРО, который, в частности, осуществляет Общественная палата Новоуральского городского округа.

1.5.3 Обеспечение радиационной безопасности при обращении с РАО

Количественные значения основных допустимых пределов доз для работников (персонала) и населения установлены Федеральным законом от 09.01.1996 № 3-ФЗ «О радиационной безопасности населения» и НРБ-99/2009 [19]. Принципами обеспечения безопасности при обращении с РАО на ПЗРО (в соответствии с требованиями НП-055-14 «Захоронение радиоактивных отходов. Принципы, критерии и основные требования безопасности»), являются [19]:

- обеспечение приемлемого уровня защищенности работников (персонала) и населения от радиационного воздействия РАО в соответствии с принципами обоснования, нормирования и оптимизации (принцип защиты здоровья человека);
- обеспечение приемлемого уровня защищенности окружающей среды от вредного радиационного воздействия РАО (принцип охраны окружающей среды);
- прогнозируемые уровни облучения будущих поколений, обусловленные захоронением РАО, не должны превышать допустимых уровней облучения населения, установленных действующими нормативными документами (принцип защиты будущих поколений);
- невозложение на будущие поколения необоснованного бремени, связанного с необходимостью обеспечения безопасности при обращении с РАО (принцип не возложения чрезмерного бремени на будущие поколения);
- предотвращение аварий с радиационными последствиями и ослабление возможных последствий в случае их возникновения.

Радиационная безопасность персонала обеспечивается (п. 2.3.2 ОСПОРБ

99/2010) [19]:

- ограничениями допуска к работе с источниками излучения по возрасту, полу, состоянию здоровья, уровню предыдущего облучения и другим показателям;
- знанием правил работы с источниками излучения и их соблюдением;
- достаточностью защитных барьеров;
- созданием условий труда, отвечающих требованиям ФЗ №3, НРБ-99/2009, ОСПОРБ-99/2010, СПП ПУАП-03, СПОРО-2002, НП-016-05*;
- применением индивидуальных средств защиты;
- соблюдением установленных контрольных уровней;
- организацией радиационного контроля;
- обеспечением системы информации о радиационной обстановке;
- дезактивацией загрязненных РВ поверхностей оборудования, помещений;
- планированием и проведением эффективных мероприятий по защите персонала в случае угрозы и при возникновении аварии;
- контролем соблюдения персоналом ПЗРО правил, инструкций и других руководящих документов по радиационной безопасности

Требования по обращению с РАО и требования к персоналу изложены в ОСПОРБ-99/2010, СПП ПУАП-03 и СПОРО-2002.

Эффективная доза для персонала не должна превышать за период трудовой деятельности (50 лет) – 1000 мЗв, а для населения за период жизни (70 лет) – 70 мЗв. Пределы доз для персонала группы А и населения представлены в таблице 1.11

Таблица 1.11 – Пределы значений доз

Нормируемые величины	Пределы доз персонала (группа А)	Население
Эффективная доза	20 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 50 мЗв в год	1 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 5 мЗв в год

При проектных авариях ожидаемые дозы облучения ограниченной части

населения (критической группы) на границе санитарно-защитной зоны и за ее пределами не могут превышать 5 мЗв на все тело и 50 мЗв на отдельные органы за первый год после аварии.

Контроль за радиоактивным загрязнением окружающей среды проводится с целью соблюдения принципов радиационной безопасности и требований нормативов, а также для обеспечения администрации предприятия, органов Госсанэпиднадзора и общественности информацией об эффективности мероприятий, проводимых для предотвращения необоснованного загрязнения внешней среды радиоактивными веществами.

1.6 Финальная стадия захоронения РАО

До недавнего времени в РФ осуществлялась практика длительного хранения радиоактивных отходов и вопрос об их окончательной изоляции постоянно откладывался. Но с 2011 года ситуация в корне изменилась с подписанием федерального закона «Об обращении с радиоактивными отходами и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» № 190-ФЗ от 11.07.2011 (с изменениями на 2 июля 2013 года). Согласно Закону, все РАО (как накопленные, так и вновь образующиеся) обязательно должны быть захоронены.

Хранение отходов может происходить на любом этапе обращения с ними. Концепция данного этапа заключается в хранении отходов таким образом, чтобы их можно было впоследствии восстановить, обеспечивая при этом полную изоляцию от внешней среды.

Хранение отходов также помогает привести РАО в необходимое состояние (как по радиоактивности, так и по степени тепловыделения), при котором в их отношении может осуществляться следующий этап обращения [2]. Помещения для хранения РАО, как правило, располагаются на самой электростанции.

Но существуют варианты, при которых хранилища располагаются в дру-

гих местах, т.е. на каком-то удалении от мест, где непосредственно образуются РАО.

Захоронение (изоляция) имеет место быть, когда РАО находятся в состоянии, при котором дальнейшее обращение с ними нецелесообразно. Изоляция радиоактивных отходов – безопасное размещение РАО без намерения последующего их извлечения. Безопасность размещения РАО подразумевает минимальное воздействия данных РАО на окружающую среду и человека, в соответствии с нормами радиационной безопасности, или же вовсе отсутствие такого воздействия [2].

Конечная цель обращения с РАО – это их долговременная изоляция, как правило, в течение 300 – 10 000 лет, в зависимости от класса опасности отходов.

Захоронение в настоящее время признано наиболее эффективным подходом на финальной стадии обращения с РАО. Большинство стран, решающих проблему РАО, сходятся во мнении, что размещение радиоактивных отходов на специализированных пунктах глубинного, приповерхностного и наземного захоронения в полной мере отвечает требованиям радиационной безопасности населения и окружающей среды. В то же время, общепринятых подходов в технологии захоронения РАО в мире пока не выработано, разные страны исследуют различные способы и методы захоронения РАО [5]. Различия в подходах обусловлены рядом факторов, например, разный уровень технологического развития стран, различное нормативно-правовое регулирования, особенностями климата и т.д. Например, исследуются возможности захоронения РАО в различных геологических формациях. Так, для захоронения высокоактивных долгоживущих и тепловыделяющих РАО и ЯО предлагается использовать следующие виды пород:

- глины (Франция, Бельгия, Швейцария);
- соляные пласты (Германия);
- кристаллические породы (Швеция, Финляндия).

А в США, например, активно исследуется возможность захоронения РАО в глубоких буровых скважинах на глубине от 3 до 5 км. В качестве альтернативы

глубинному захоронению также предлагается рассматривать возможность приповерхностного хранения РАО (Нидерланды) – в надежде на то, что в будущем будут разработаны новые технологии обращения с отходами [5].

1.6.1 Способы захоронения

Как упоминалось ранее, на данный момент наиболее приемлемыми и экономически выгодными признаны два способа захоронения РАО – захоронения на поверхности земной коры и на различных глубинах земной коры.

Приповерхностное захоронение – это захоронение РАО в специализированных пунктах, размещаемых на поверхности земли и/или на глубине от нескольких до 100 м.

Захоронение РАО в глубоких геологических формациях – это захоронение РАО в специализированных пунктах, размещаемых на глубине нескольких сотен метров [8].

Короткоживущие и долгоживущие радионуклиды низкого и среднего уровней активности захораниваются в приповерхностные ПЗРО. В зависимости от степени их радиотоксичности и периодов полураспада конструкции и места размещения приповерхностных ПЗРО могут существенно различаться, представляя собой котлованы, траншеи, сборные и монолитные железобетонные сооружения и т.д [8].

Наиболее безопасным и надежным способом для захоронения долгоживущих ВАО считается их изоляция в глубоких геологических формациях. При этом одним из основных физических барьеров на пути распространения радионуклидов будет вмещающая порода. Поэтому большое внимание при выборе места захоронения уделяется геологическому строению района размещения ПЗРО. Принимая во внимание принципы МАГАТЭ, исследования показали, что наиболее подходящими породами являются соль, глина, сланцы, а также гранит [8].

Большинство НАО и короткоживущие САО после прохождения опреде-

лённых стадий обработки и переработки могут захораниваться в наземных или приповерхностных хранилищах. Как известно большинство образующихся РАО попадают именно под эти категории. А это более 90 % всех производимых отходов [2]. В связи с этим по всему миру активно внедряются и разрабатываются специальные хранилища.

В настоящее время во многих странах функционируют или строятся площадки приповерхностного захоронения РАО. Например, такие как [21]:

- Великобритания – хранилище низкоактивных отходов в месте Drigg (Камбрии), находящиеся под контролем британского управления по ядерным отходам;
- Испания – объект по финальной изоляции НАО и CAO El Cabril, эксплуатируемый ENRESA;
- Франция – Центр de l'Aube и Morvilliers, которые управляются организацией ANDRA;
- Швеция – SFR в Forsmark, управляемый SKB;
- Финляндия – Олкилуото и Ловийса, управляемые TVO и Fortum;
- Россия – Димитровград, Железногорск, Северск, Новоуральск, эксплуатируемые ФГУП «НО РАО»;
- Южная Корея – Вольсоун, управляемая KORAD;
- Япония – Центр по захоронению НАО в Роккашо-Муре, эксплуатируемый Japan Nuclear Fuel Limited;
- США – пять объектов для захоронения НАО: объект Texas Comcraft недалеко от границы с Нью-Мексико, управляемый WCS; Барнуэлл, Южная Каролина; Клайв, штат Юта; Oak Ridge, Теннесси – находятся под управлением Energy Solutions; и Ричленд, Вашингтон – управляются американской корпорацией по экологии.

На рисунке 1.8 наглядно продемонстрировано географическое расположение всех перечисленных пунктов захоронения отходов.

Стоит отметить, что это далеко не все страны, имеющие практику обращения с РАО на финальной стадии изоляции.

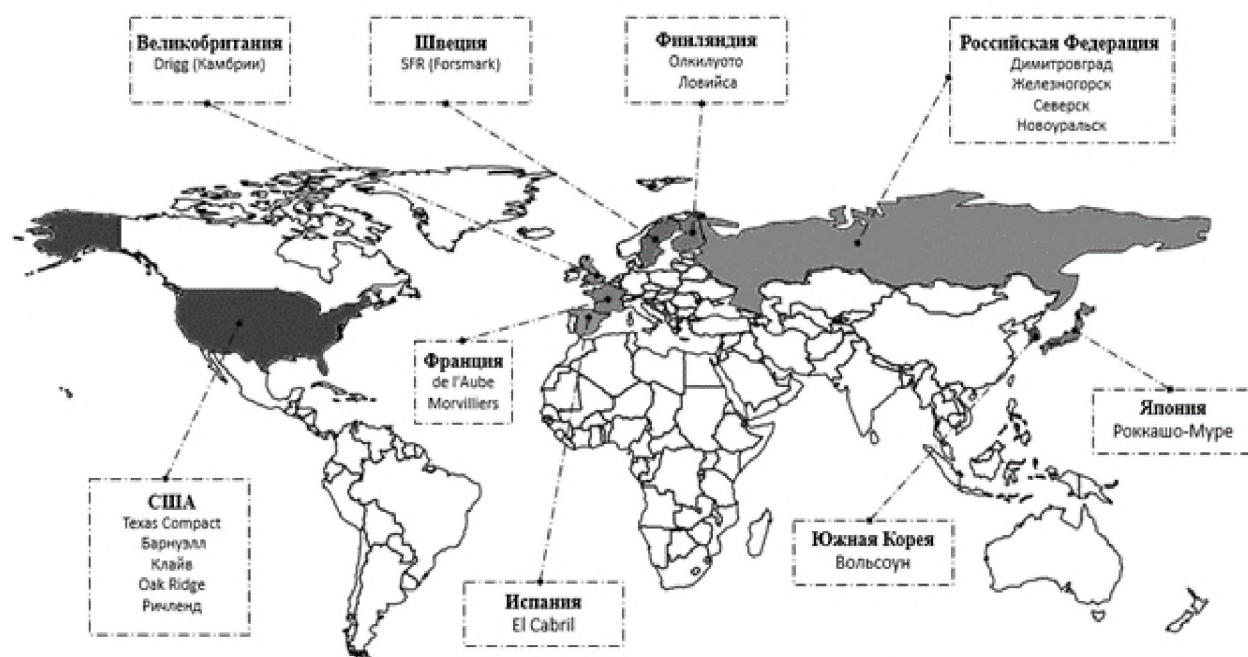


Рисунок 1.8 – Географическое расположения ПЗРО на карте мира

В России существует разновидность ПЗРО в глубоких геологических формациях – полигоны глубинного захоронения жидких РАО. Они успешно работают уже более 50 лет на некоторых предприятиях ЯТЦ. Полигоны глубинного захоронения жидких РАО – это природно-техническая система, предназначенная для захоронения ЖРО, располагающаяся в пределах определенной проектом территории, включающая участок недр – поглощающий горизонт (пласт-коллектор), находящийся в пределах горного отвода, и комплекс сооружений, систем и оборудования, предназначенных для обращения с ЖРО [8].

Предварительно подготовленные ЖРО среднего и низкого уровней активности под давлением закачиваются через нагнетательные скважины в пласты-коллекторы, находящиеся на глубине нескольких сотен метров. Как правило, для захоронения используют два горизонта накопления РАО. В нижний горизонт закачивают отходы с большей удельной активностью, в верхний – с меньшей.

Такие пункты глубинного захоронения на данный момент располагаются на площадках [4]:

- Ульяновской области, г. Димитровград – «Опытно-промышленный полигон»;

- Томской области, г. Северск – «Полигон площадок 18 и 18а»;
- Красноярском крае, г. Железногорск – «Полигон «Северный».

Следует отметить, что время надежного захоронения РАО в ПЗРО приповерхностного типа оценивается в 300 – 500 лет, а для ПЗРО в глубоких геологических формациях – в 10 тыс. лет. В первом случае такого срока будет достаточно для распада радионуклидов, имеющих периодом полураспада около 30 лет (цезий-137, стронций-90), практически до безопасных уровней. Во втором случае, ввиду того, что временной промежуток составляет тысячелетия становится сложным проводить какие-либо оценки безопасности [8].

1.6.2 Принципы и критерии захоронения

«Принципы безопасности и технические критерии для подземного захоронения радиоактивных отходов высокого уровня активности» является одним из основных документов МАГАТЭ, отражающим потребности всех её государств-членов иметь унифицированные на международном уровне критерии безопасной изоляции ВАО в глубоких геологических формациях. Документ определил основную концепцию в строительстве таких площадок глубинных захоронения РАО, первостепенной задачей которой является изоляция радиоактивных отходов от окружающей среды на период их потенциальной опасности [8].

К задачам подземного захоронения ВАО прежде всего относят [8]:

- изоляцию ВАО от окружающей среды на период их потенциальной опасности;
- обеспечение радиационной безопасности человека и окружающей среды на период потенциальной опасности РАО.

В таблице 1.12 представлено описание технических критерии, устанавливающих техническую основу для соблюдения принципов безопасности [8].

Таблица 1.12 – Краткое описание технических критериев

Критерий	Описание
1	Определяет общий системный подход к проектированию ПЗРО
2	Критерии формулируют подходы к характеристикам захораниваемых отходов
3	
4	Критерии формулируют подходы к характеристикам ПЗРО
5	
6	
7	Критерии формулируют подходы к выбору площадки для ПЗРО
8	
9	Критерии формулируют подходы к документам, обеспечивающим и подтверждающим безопасность захоронения
10	

Н.С. Пронкин в своем учебном пособии «Обеспечение безопасности хранилищ радиоактивных отходов предприятий ядерного топливного цикла», в соответствии с документом «Принципы безопасности и технические критерии для подземного захоронения радиоактивных отходов высокого уровня активности», приводит следующую характеристику технических критериев МАГАТЭ [8]:

Критерий № 1. Общий системный подход. Многобарьерный принцип защиты является залогом для долгосрочной безопасности при захоронении ВАО.

Критерий № 2. Содержание радионуклидов. Необходимо установить критерии приемлемости отходов по содержанию радионуклидов, соответствующие исходным данным, на которых основывалось проектирование площадки захоронения.

Критерий № 3. Форма отходов. Необходимо, чтобы радиоактивные высокоактивные отходы, которые должны быть размещены в хранилище, находились в твердой форме, имели химические и физические свойства, позволяющие удерживать радионуклиды, и соответствовали системе захоронения.

Критерий 4. Первоначальный период изоляции. Необходимо, чтобы система захоронения ВАО была рассчитана на практически полную изоляции

захоронения ВАО была рассчитана на практически полную изоляции радионуклидов в первоначальный период.

Критерии 5. Проектирование и сооружение ПЗРО. Необходимо, чтобы пункт захоронения ВАО проектировался, сооружался, эксплуатировался и закрывался таким образом, чтобы функции безопасности принимающей породы и соответствующих окружающих пород сохранялись в период после опечатывания (закрытия).

Критерий 6. Ядерная безопасность. Необходимо проектировать хранилища ВАО и размещать в них отходы таким образом, чтобы любой делящийся ядерный материал оставался в подкритичном состоянии.

Критерии 7. Геология площадки. Необходимо, чтобы хранилище было расположено на глубине, достаточной для надлежащей защиты.

Критерий 8. Учет природных ресурсов. Выбор площадки для хранилища необходимо осуществлять таким образом, чтобы, насколько это практически возможно избежать соседства с ценными природными ресурсами или материалами, которые труднодоступны для добычи из других источников.

Критерий 9. Оценка безопасности. Необходимо, чтобы соответствие всей системы захоронения целям радиационной безопасности было продемонстрировано посредством оценки безопасности, которая основывается на моделях, признанных пригодными в максимально возможной степени.

Критерий 10. Обеспечение качества. В целях обеспечения соответствия необходимым стандартам и критериям необходимо разработать программу обеспечения качества для компонентов системы захоронения и всех видов деятельности от подтверждения пригодности площадки для сооружения, эксплуатации до последующего закрытия установки для захоронения.

Все представленные технические критерии, приведенные для ПЗРО глубинного захоронения ВАО, можно также применить и к ПЗРО приповерхностного захоронения.

Исключением будут только пункты 6,7 и 8, которые отражают специфику захоронения ВАО в глубоких геологических формациях [8].

1.6.3 Опыт обращения с РАО на заключительном этапе в г. Новоуральске

В соответствии с НП-069-14 по расположению относительно земной поверхности сооружения приповерхностные ПЗРО подразделяются на [22]:

- наземные сооружения, в которых верхний уровень размещенных РАО расположен выше или на уровне нулевой отметки естественного рельефа земной поверхности;
- заглубленные сооружения – сооружения или подземные полости естественного или искусственного (техногенного) происхождения, в которых верхний уровень размещенных РАО расположен ниже нулевой отметки естественного рельефа земной поверхности.

На площадке ППЗРО Новоуральского отделения Филиала Северский «НО РАО» реализован первый варианта конструкции ПЗРО, предполагающий заглубленный тип ПЗРО. В настоящее время первая очередь ПЗРО, состоящая из непосредственно хранилища (карта 10) и здания №1, в котором находится санпропускник, пункт дезактивации и пост охраны и другие сооружения первой очереди ПЗРО, введена в эксплуатацию. На рисунке 1.9 представлено схематичное изображение конструкции пункта ПЗРО в городе Новоуральске [23].

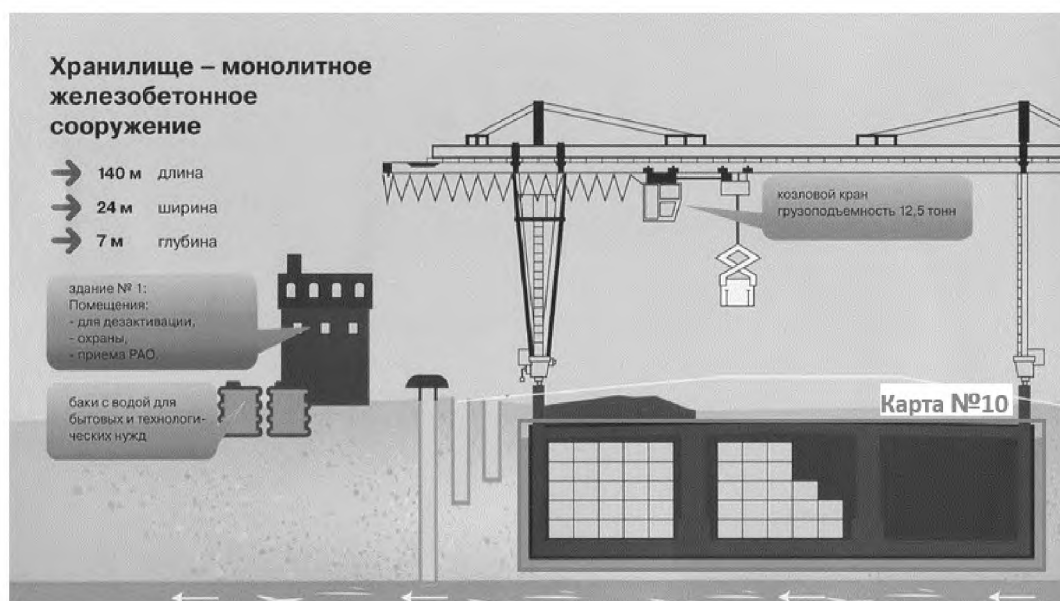


Рисунок 1.9 – Схематичное изображение конструкция ППЗРО в г. Новоуральске

В приложении А представлен генеральный план пункта ПЗРО в городе Новоуральске [19].

В ходе предпринимаемого на ППЗРО входного контроля поступающих на захоронение упаковок РАО на соответствие критериям приемлемости предусматривается проведение контроля соответствия назначения контейнера для изготовления упаковки РАО и размещенного в нем радиоактивного содержимого, материал компаунда РАО.

Упаковки РАО размещают в ячейках рабочей карты упорядоченно, в вертикальном положении, в штабель при помощи козлового крана. На рисунке 1.10 показан общий принцип устройства площадки по захоронению РАО 3 и 4 классов, применяемый в РФ [19].

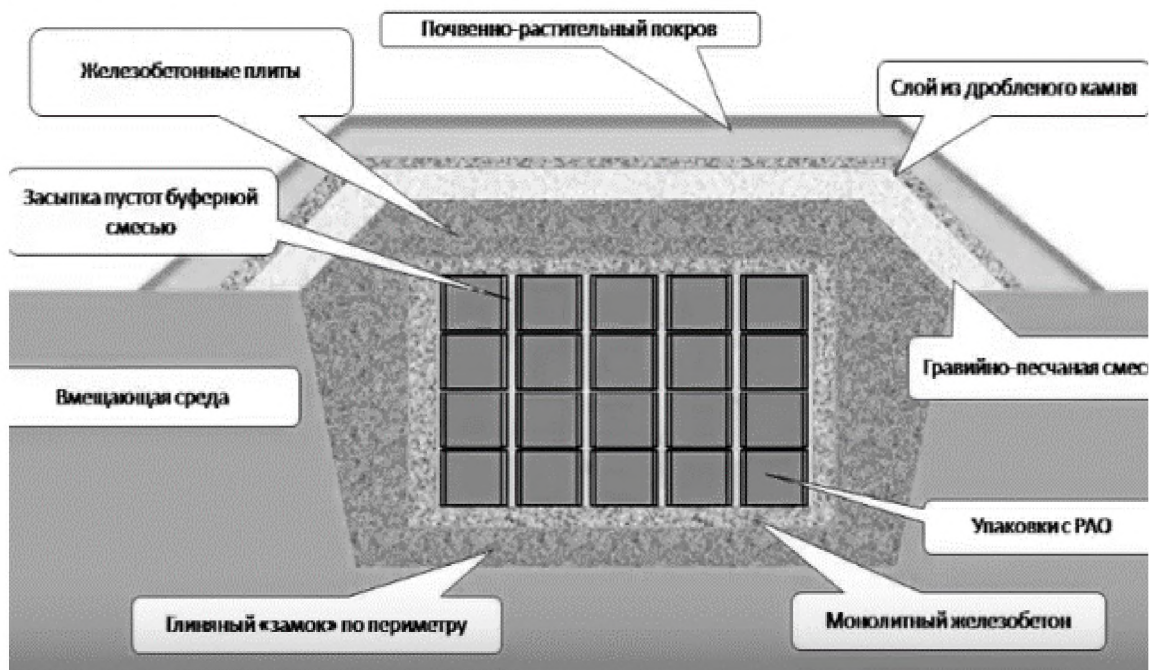


Рисунок 1.10 – Принцип устройства площадки по захоронению 3 и 4 классов РАО в России

По мере заполнения отсека упаковками РАО, с целью обеспечения пространственной устойчивости штабеля упаковок и долговременной изоляции РАО от внешней среды, производится их стабилизация (первичная консервация) путем заполнения свободного пространства между упаковками РАО буферным материалом. Стабилизация упаковок РАО в отсеке сооружения состоит в ступенчатом, послойном заполнении свободного пространства между стенами отсека и упаковками, и между упаковками, изолирующим материалом – глинопорошком (на основе бентонитовых глин) [19].

Очень важно, чтобы пункт захоронения РАО обеспечивал надежную защиту на протяжении всего срока проектной эксплуатации ППЗРО. В соответствии с требованиями НП-055-14 такой подход обеспечивается прежде всего за счет последовательной реализации концепции глубокоэшелонированной защиты, основанной на применении системы физических барьеров на пути распространения ионизирующего излучения и радиоактивных веществ в окружающую среду [19,24].

Эксплуатационный период ППЗРО завершается его закрытием (консервацией), т.е. созданием многофункционального защитного покрытия, состоящего из гравия, глины и почвы.

ППЗРО в Новоуральске – это первое в России хранилище, соответствующее новым требованиям законодательства и предназначенное именно для финального захоронения твердых радиоактивных отходов.

Аналогичные объекты планируется построить в Озерске (начало строительства – 2018 год, начало работы – 2021-й) и в районе Сибирского химического комбината уже с учетом Новоуральского опыта захоронения РАО [23].

1.7 Общественный аспект в вопросах обращения с РАО

Роль общественности в функционировании объектов атомной отрасли существенно возросла и имеет законодательную основу. Поэтому работа с общественностью требует отдельного внимания.

За последнюю пару лет процент населения, которое поддерживает развитие атомной энергетики в России, показывает достаточно хорошие темпы роста. Подтверждением этому служат недавние результаты опроса, проведенные «Левада-центром» среди населения России на тему отношения к атомной энергетике. Выяснилось, что почти три четверти жителей России положительно относятся к атомной энергетике в стране.

По данным опроса 73,9 процента респондентов считают необходимым

активно развивать атомную энергетику или сохранить объемы атомной генерации на нынешнем уровне. При этом 50,3 процента опрошенных называют атомную энергетику «зеленым, чистым видом производства электроэнергии». Опрос проводился по репрезентативной выборке населения всех федеральных округов России. Были опрошены 4 тысячи человек в возрасте 18 лет и старше [25].

Полученные результаты опроса также прокомментировала замдиректора «Левада-центра» Людмила Хахулина – «...данные опроса не только этого года демонстрируют поддержку большинства населения атомной энергетики. В течение трех последних лет наши замеры (а мы их делаем дважды в год) показывают, что поддержка этого вида энергетики устойчиво держится на довольно высоком уровне...» [25].

Тем не менее, существенная часть населения воспринимает информацию о ядерно-, радиационно-опасных объектах достаточно настороженно. Известно также, что чем ближе к объекту, тем отношении более лояльное и с большим осознанием объективных плюсов и минусов ситуации. Об этом свидетельствуют результаты опроса общественного мнения, проведенного в 2015 году по заказу концерна «Росэнергоатом» [26]. Из этого можно сделать вывод, что, если отбросить политические факторы, то в основе адекватного восприятия людьми преимуществ и рисков использования атомной энергетики, объектов атомной отрасли, источников радиоактивного излучения лежат образованность и информированность.

Отвечая на вопрос о важности общественного мнения в отношении использования ядерных технологий, начальник отделения «Новоуральское» филиала «Северский» «НО РАО» В.В. Александров отмечает следующее: «...без учета общественного мнения такие важные решения [о строительстве ППЗРО] не принимаются, у нас это на законодательном уровне прописано. При получении лицензии, а также при получении документов об экологической экспертизе мы должны провести общественные слушания. Общественные слушания проводились и когда Уральский электрохимический комбинат

получал лицензию на сооружение и когда ФГУП «НО РАО» получала лицензию на эксплуатацию первой очереди [ППЗРО]. В 2017 году прошли 2 общественных слушания о внесении изменений в условия действия лицензии на эксплуатацию и сооружения пункта. Достаточно много встреч прошло в рамках подготовки к этим мероприятиям. Поэтому взаимодействие с общественностью показало, что у людей очень большой интерес к этому вопросу. Именно к вопросам безопасности эксплуатации данного пункта. Мы никогда не ограничиваемся только общественными слушаниями, мы также взаимодействуем с общественностью города Новоуральска в том числе и по экологическому контролю нашего пункта. Диалог ведется постоянно и в первую очередь через наш центр по взаимодействию с общественными организациями ФГУП «НО РАО» и через отделение «Новоуральское» уже здесь на местном уровне. Поэтому участие общественности в вопросах размещения, создания и эксплуатации данных пунктов самое широкое» [18].

Таким образом, на сегодняшний день эксперты оценивают степень информированности населения города Новоуральска по аспектам функционирования пункта ПЗРО на уровне выше среднего.

2 Оценка защитных свойств упаковочного контейнера РАО

2.1 Состав и форма РАО

В состав РАО, принимаемых на захоронение в ПЗРО, могут входить β , γ – излучатели (^{137}Cs , ^{134}Cs , ^{90}Sr , ^{60}Co , ^3H , ^{63}Ni , ^{54}Mn , ^{97}Nb), α – излучатели, трансурановые радионуклиды, с удельными активностями, не превышающих значений, установленных в приложениях Е и Ж.

По форме и химическому составу кондиционированные РАО, поступающие на ПЗРО, могут являться [19]:

- цементированными ТРО, отвержденными методом цементирования ЖРО (неорганические соединения, включая металлы, соли, оксиды);
- неперерабатываемыми ТРО (включая загрязненное оборудование, металлические РАО, шлаки, кек, металлы, сплавы, оксиды);
- строительными материалами;
- прессованными ТРО (отработанные спецодежда, спецобувь, СИЗ, фильтры, древесина, шлаки, резинотехнические изделия);
- солевым плавом, состоящим из неорганических солей (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Fe^{2+} , Al^{3+} , NO_3^- , CO_3^- , Cl^- , BO_3^- , SiO_2);
- зольным остатком после сжигания РАО (неорганические соединения: оксиды и соли).

2.2 Упаковки РАО

В качестве упаковочных комплектов (контейнеров), предусматриваемых для захоронения РАО на ПЗРО, проектом предусмотрена линейка контейнеров, используемых в качестве невозвратных, обеспечивающих безопасность транспортировки, временного хранения и захоронения РАО [19].

К функциям применяемых упаковочных комплектов относятся:

- обеспечение радиационной защиты персонала и окружающей среды при транспортировке, хранении и загрузке РАО в ПЗРО;

– локализация радиоактивных и химически токсичных веществ.

Характеристики контейнеров, принимаемых на захоронение в ПЗРО, приведены в таблице 2.1 [19].

Таблица – 2.1 Характеристики контейнеров для захоронения РАО

Класс РАО	Наименование контейнера*	Внешние габаритные размеры, мм	Внутренний объем контейнера, м ³	Материал контейнера	Толщина биологической защиты, мм
3	НЗК-МР	1650х1650х1370	1,9	бетон	110
	НЗК-Радон	1650х1650х1370	1,9	бетон	110
	НЗК-150-1,5П	1650х1650х1375	1,5	бетон	150
	ЖЗК-2	1750х1750х1340	1,5	бетон	200
	ЖБУ	1200х1200х1430	0,96	бетон	120
	ЖЗК	1200х1200х1450	0,96	бетон	120
	НЗК-П	1750х1750х1340	1,5	бетон	220
4	КМЗ	1650х1650х1350	3,1	сталь	10
	НЗК-МР	1650х1650х1370	1,9	бетон	110
	НЗК-Радон	1650х1650х1370	1,9	бетон	110
	НЗК-150-1,5П	1650х1650х1375	1,5	бетон	150
	Крад-1,36	1280х1280х900	1,36	сталь	4
	Клеть с 4 бочками	Клеть: 1280х1280 х900 Бочка: радиус – 300 высота – до 880	Бочка: 0,2	сталь	2
	ЖЗК-1	1750х1750х1340	1,9	бетон	150
	ЖБУ	1200х1200х1430	0,96	бетон	120
	ЖЗК	1200х1200х1450	0,96	бетон	120

Контейнеры, принимаемые на захоронение в ПЗРО, должны отвечать следующим требованиям НП-020-15 «Сбор, переработка, хранение и кондиционирование твердых радиоактивных отходов. Требования безопасности»:

- подлежат оценке соответствия в соответствии с законодательством Российской Федерации о техническом регулировании (п. 54);
- конструкционные материалы контейнера обеспечивают возможность проведения дезактивации его наружной поверхности (п.55);
- сохраняют целостность в течение ожидаемого периода хранения до захоронения и предотвращают распространение радионуклидов и (или) ионизирующего излучения в окружающую среду из упаковки РАО (п.56);

– обеспечивают возможность транспортирования упаковки РАО на захоронение, а также обращения с упаковкой РАО при захоронении (п.57).

Важно отметить, что упаковки с РАО, принимаемые на захоронение в ПЗРО, должны отвечать всем требованиям НП-093-14 «Критерии приемлемости радиоактивных отходов для захоронения» [19].

2.3 Оценка защитных свойств контейнера НЗК-150-1,5П

Специалистами АО «АТОМПРОЕКТ» и ОАО «345 механический завод» по заказу ОАО «Концерн Росэнергоатом» в статье «Радиационные аспекты использования контейнеров НЗК-150-1,5П при кондиционировании радиоактивных отходов» была разработана конструкция базового невозвратного защитного контейнера из композиционного материала на основе бетона, получившего условное обозначение НЗК-150-1,5П [27].

На рисунке представлен 2.1 представлен внешний вид контейнера.



Рисунок 2.1 – Контейнер НЗК-150-1,5П

При разработке бетонного контейнера специалисты предприятия руководствовались национальными требованиями к кондиционированию жидких и твердых РАО (НП-019-15, НП-020-15), требованиями к транспортным упаковочным комплектам для радиоактивных веществ (ГОСТ 16327-88 «Комплекты упаковочные транспортные для радиоактивных веществ. Общие технические условия (с Изменением N 1)»), а также ими были учтены

достигнутые характеристики зарубежных контейнеров, разработанных во Франции, Швеции и Германии [27].

В соответствии с ГОСТ Р 51824-2001 «Контейнеры защитные невозвратные для радиоактивных отходов из конструкционных материалов на основе бетона. Общие технические требования» к бетонным контейнерам устанавливаются следующие требования [27]:

- мощность дозы на поверхности упаковки не более 2,0 мЗв/ч, а на расстоянии 1 м – 0,1 мЗв/ч (допускается отступление от регламентированных значений мощности дозы на наружной поверхности НЗК при условии непревышения основного предела доз для персонала группы А);
- статическая нагрузка на сжатие в течение 24 ч, равная пятикратному значению массы заполненного контейнера, моделируемая нагрузку при штабелировании;
- динамическая нагрузка, возникающая при падении контейнера с отходами на жесткое основание с высоты 0,5 м на днище и на угол между днищем и стенкой;
- герметичность соединений при внутреннем гидравлическом давлении 75 кПа;
- утечку по воздуху не более 500 Па/л·с⁻¹;
- выдерживание землетрясения магнитудой 7 баллов,
- температурное воздействие от -50 до +70 °С;
- Предел огнестойкости – 0,75 ч;
- хранение в течении 50 лет при и до 300 лет при захоронении РАО в ПЗРО.

Разработанный контейнер НЗК с использованием в качестве конструкционного материала бетона плотностью $2,4 \cdot 10^3$ кг/м³ и толщиной стенки 150 мм обеспечивает требование радиационной безопасности 2 мЗв/ч на поверхности контейнера при размещении низкоактивных РАО 3 класса с активностью до 10^7 Бк/кг.

Для описания процесса распространения радионуклидов при захоронении

специалистами предприятий была выбрана математическая модель, основанная на решении нестационарного одномерного уравнения диффузии для неоднородных сред. Диффузионные коэффициенты являются кусочно-постоянными функциями, то есть сохраняют постоянные значения внутри каждой среды:

$$R \frac{\partial C}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(D \frac{\partial C}{\partial x} \right) - \lambda \cdot R \cdot C(x, t), \quad (2.1)$$

где $C(x, t)$ – концентрация радионуклида в поровой влаге (Бк/м³);

t – время хранения (год);

x – координата (м), ось X перпендикулярна стенке контейнера, начало координат соответствует внутренней поверхности стенки;

λ – постоянная распада (1/год);

$D(x)$ – коэффициент внутренней диффузии (м²/год);

$R(x)$ – коэффициент задержки.

Все расчеты оценок безопасности для контейнера НЗК проведены для ¹³⁷Cs с удельной активностью $4,25 \cdot 10^8$ Бк/кг.

В качестве критерия безопасности выбрано непревышение за пределами контейнера величины $УВ_{\text{вода}}$ для ¹³⁷Cs ($1,1 \cdot 10^4$ Бк/м³).

При оценке скорости делокализации радионуклидов из контейнеров консервативно предполагалось, что все защитные инженерные барьеры, кроме контейнеров, разрушены, и рассматривалась диффузия радионуклидов через стенку контейнера и геологическую породу неограниченной протяженности (песок с $D_{\text{эфф}} = 10^{-10}$ м²/с) [27].

Полученные результаты [27] описания процесса диффузии радионуклидов в стенках НЗК-150-1,5П, представленные на рисунке 2.2, показывают, что исследуемый контейнер с $D_{\text{эфф}} = 3 \cdot 10^{-13}$ м²/с обеспечивает выполнение выбранного критерия безопасности для ¹³⁷Cs и на наружной стенке контейнера цезий никогда не достигнет концентрации уровня вмешательства.

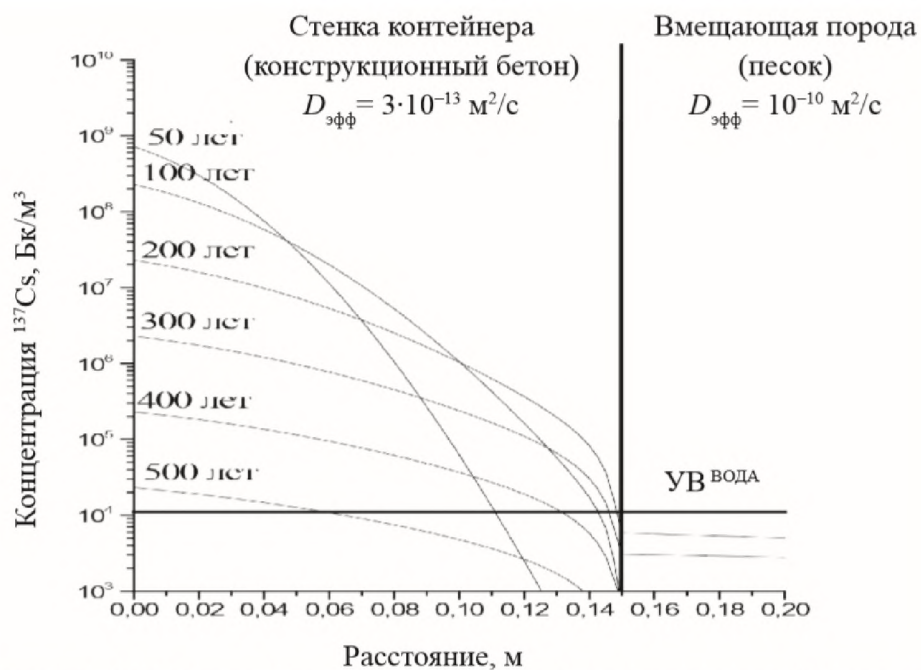


Рисунок 2.2 – Концентрация ^{137}Cs в поровой влаге на внешней стенке контейнера при захоронении упаковок в приповерхностное хранилище

Анализ безопасности позволяет сделать вывод, что защитные свойства контейнеров НЗК от влияния ионизирующего излучения будут сохраняться не менее 50 лет при хранении и до 300 лет при захоронении РАО в приповерхностных ПЗРО [27].

3 Результаты социологического опроса среди студентов НТИ НИЯУ МИФИ

С целью изучения мнения учащейся молодежи по вопросам безопасности ядерных технологий и, в частности, отношения к пункту ПЗРО, а также общей информированности, среди учащихся высшего и среднего профессионального образования Новоуральского технологического института НИЯУ МИФИ был проведён социологический опрос.

Опрос проводился среди студентов института и колледжа НТИ НИЯУ МИФИ в возрасте от 17 до 26 лет. Всего в опросе приняли участие 152 респондента, в том числе 72 студента колледжа и 80 студентов института. На рисунке 3.1 представлены возрастные категории опрошенных студентов.

На рисунке 3.1 наглядно представлены результаты ответов студентов на вопрос – «Какой вид энергетики является, по Вашему мнению, самым безопасным?». Наибольший процент баллов 26% и 27% получили ветровая и солнечная энергетики соответственно. С результатом 18% на третьей позиции оказалась гидроэнергетика. На четвертом месте закрепилась теплоэнергетика с 16%. Атомная энергетика заняла только последнее место с 13%.

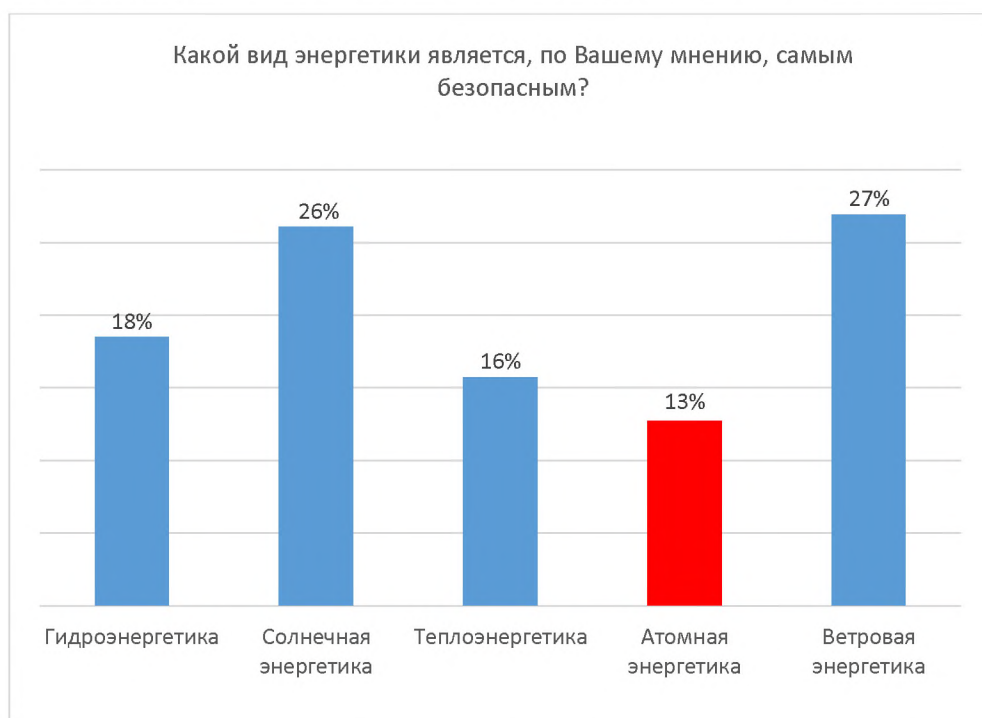


Рисунок 3.2 – Результаты опроса мнения студентов

Отвечая на вопрос – «Известно ли Вам о предприятии ФГУП «Национальный оператор по обращению с радиоактивными отходами»?» лишь только 11,25% респондентам со стороны института и 5,56% со стороны колледжа известно о деятельности «НО РАО». Процент опрошенных студентов института и колледжа, которые ничего не слышали о предприятии, составил 50%. 44,44% студентов колледжа слабо знакомы с предприятием. Процент студентов института и колледжа знакомых с «НО РАО» поверхностно составил 38,75% и 44,44% соответственно. Результаты опроса по данному вопросу в графическом виде представлены на рисунке 3.2.

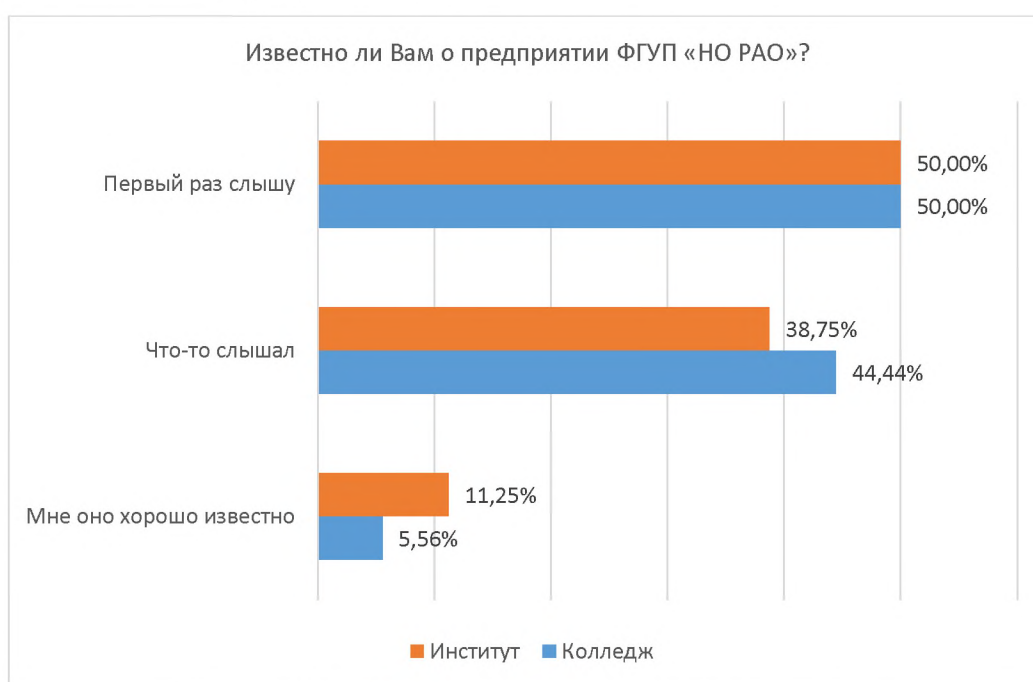


Рисунок 3.2 – Результаты опроса мнения студентов

Отвечая на вопрос – «Являются ли технологии, применяемые ФГУП «НО РАО» на площадке в Новоуральске безопасными и экологичными?» лишь 8,55% выразили полное доверие; 32,89% респондентов отметили, что технологии скорее безопасны, чем небезопасны. Другая часть опрошенных посчитала, что технологии скорее небезопасны (15,13%). 7,89% однозначно ответили «нет» на данный вопрос, а 35,53% студентам было трудно определиться с ответом.

Проведенные исследования общественного мнения позволяют сделать несколько важных выводов.

Во-первых, к сожалению, отношение молодого поколения к ядерным технологиям в основном настороженное. Это может быть обусловлено как

недостаточной образованностью, так и негативным информационным фоном, складывающимся вокруг атомной энергетики из-за крупных инцидентов или аварий, имевших место на предприятиях ЯТЦ. К ним, в первую очередь, можно отнести катастрофические события, происходившие в Чернобыле и на Фукусиме. После подобных событий, подкрепленных устрашающими и порой не вполне достоверными данными со стороны СМИ, у населения, вероятно, формируется базис неглубоких и обрывочных знаний, который, в дальнейшем является основой дискуссий и бесед с окружающими. В конечном итоге это приводит к распространению информации, которая провоцирует страх и настороженное отношение людей.

Во-вторых, проблема недостаточного информирования населения по вопросам безопасности эксплуатации пункта ПЗРО в городе Новоуральске существует. Несмотря на регулярную работу отделения «Новоуральское» филиала «Северский» НО РАО по информированию населения, студенты слабо осведомлены о функционировании ППЗРО. Следовательно, необходима ещё большая, постоянная и кропотливая работа по повышению культуры и информированности населения в вопросах безопасного обращения РАО. Особенное внимание здесь следует уделять образованию молодого поколения: школьников и студентов. Уместно будет отметить, что процент хорошо информированных студентов НТИ уровня высшего образования о предприятии НО РАО в 2 раза больше по сравнению со студентами среднего профессионального образования.

Можно предположить, что здесь положительное влияние оказывает то, что некоторым специальностям студентов института читается курс «Основы и культура ядерной безопасности»; некоторые студенты участвуют в общественном контроле деятельности ППЗРО под эгидой Общественной палаты Новоуральского городского округа; часть студентов присутствовали на семинарах и встречах, проводимых с участием экспертов НО РАО и АО «УЭХК».

Список использованных источников

1. Муроков В.М. Атомная энергетика сегодня. 7 фактов о перспективах развития атомной промышленности в современном мире [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://postnauka.ru/faq/14277>, свободный. Загл. с экрана (дата обращения: 05.02.2017).
2. Radioactive Waste Management [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/nuclear-wastes/radioactive-waste-management.aspx>, свободный. Загл. с экрана (дата обращения: 07.02.2017).
3. Муратов О.Э., Тихонов М.Н. Радиоэкологические аспекты обращения с РАО и ОЯТ в условиях инновационного развития ядерной энергетики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://nuclear-submarine-decommissioning.ru/node/755>, свободный. Загл. с экрана. (дата обращения: 08.02.2017).
4. Четвертый национальный доклад Российской Федерации о выполнении обязательств, вытекающих из объединенной конвенции о безопасности обращения с отработавшим топливом и о безопасности обращения с радиоактивными отходами [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <http://www.rosatom.ru/upload/iblock/6a1/6a10d74afc8b64b31f1c0dae05525ab8.pdf>, свободный. Загл. с экрана. (дата обращения: 11.02.2017).
5. RAW Handling in Some EU Countries and Russia. Public Participation/ Aleksander Nikitin, Andrey Ozharovsky, Aleksander Kolotov, Andrey Talevlin; edited by Aleksander Nikitin., 2017. – 32 p.
6. Беззубцев В.С. Развитие регулирующих основ и нормативно-правового регулирования в области обращения с РАО и ОЯТ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.atomic-energy.ru/articles/2014/03/17/47394>, свободный. Загл. с экрана. (дата обращения: 14.02.2017).
7. Поляков Ю.Д. Создание системы окончательной изоляции радиоактивных отходов в Российской Федерации [Электронный ресурс]. –

Режим доступа: http://www.atomeco.org/mediafiles/u/files/Prezentetion_31_10_2013/Polyakov.pdf, свободный. Загл. с экрана. (дата обращения: 18.02.2017).

8. Обеспечение безопасности хранилищ радиоактивных отходов предприятий ядерного топливного цикла: учеб. Пособие / Н.С. Пронкин. – М.: Логос, 2012. – 420 с.

9. Об использовании атомной энергии [Электронный ресурс]: Федеральный Закон от 21 нояб. 1995 г. N 170-ФЗ (с изменениями на 3 июля 2016 года). Доступ из справ.-правовой системы «Кодекс».

10. СанПиН 2.6.1.2523-09. Нормы радиационной безопасности НРБ-99/2009 [Электронный ресурс]: постановление от 7 июля 2009 г. N 47. Доступ из справ.-правовой системы «Кодекс».

11. Пятый национальный доклад Российской Федерации о выполнении обязательств, вытекающих из Объединенной конвенции о безопасности обращения с отработавшим топливом и о безопасности обращения с радиоактивными отходами [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.osatom.ru/mediafiles/u/files/News/2017.11.15_Doklad_OYAT_i_RAO.pdf, свободный. Загл. с экрана. (дата обращения: 23.02.2017).

12. ФГУП «Национальный оператор по обращению с радиоактивными отходами». Классы РАО [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.norao.ru/waste/classification/class/>, свободный. Загл. с экрана (дата обращения: 27.02.2017).

13. Об обращении с радиоактивными отходами и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации [Электронный ресурс]: Федеральный Закон от 11.07.2011 N 190-ФЗ (ред. от 02.07.2013). Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

14. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Technological and Organizational Aspects of Radioactive Waste Management, Training Course Series No. 27, IAEA, Vienna (2005).

15. Выработка АЭС Франции за девять месяцев снизилась на 1,3% по сравнению с аналогичным периодом прошлого года [Электронный ресурс]. –

Режим доступа: <http://atominfo.ru/newsq/x0627.htm>, свободный. Загл. с экрана (дата обращения: 05.03.2017).

16. Обзор зарубежных практик захоронения ОЯТ и РАО/ Н. С. Цебаковская, С. С. Уткин, И. В. Капырин, Н. В. Медянцев, А. В. Шамина; под ред. И. И. Линге, Ю. Д. Полякова. – М.: Изд-во «Комтехпринт», 2015. 208 с.

17. Отчет по экологической безопасности 2015 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.rosatom.ru/upload/iblock/d4e/d4edde3e02aef7ff28d29ef1883ed18f.pdf>, свободный. Загл. с экрана. (дата обращения: 07.03.2017).

18. Интервью магистранта НИ ТПУ Чембура В.С. (интервьюер) с начальником отделения «Новоуральское» филиала «Северский» «НО РАО» В.В. Александровым от 4 апреля 2018 года [Аудиозапись беседы] // ФГУП «НО РАО», г. Новоуральск, 26 мин. 34 сек. Публикуется с согласия В.В. Александрова.

19. Материалы обоснования лицензии на эксплуатацию первой очереди стационарного объекта, предназначенного для захоронения радиоактивных отходов – приповерхностного пункта захоронения твердых радиоактивных отходов, отделения «Новоуральское» филиала «Северский» ФГУП «НО РАО» (включая материалы оценки воздействия на окружающую среду) – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.norao.ru/upload/МОЛ%20Новоуральск_Эксплуатация_том%201.pdf, свободный. Загл. с экрана. (дата обращения: 14.03.2017).

20. О критериях отнесения твердых, жидких и газообразных отходов к радиоактивным отходам, критериях отнесения радиоактивных отходов к особым радиоактивным отходам и к удаляемым радиоактивным отходам и критериях классификации удаляемых радиоактивных отходов [Электронный ресурс]: постановление Правительства РФ от 19 октября 2012 г. N 1069 (с изменениями на 4 февраля 2015 года). Доступ из справ.-правовой системы «Кодекс».

21. Storage and Disposal of Radioactive Waste [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/nuclear-wastes/storage-and-disposal-of-radioactive-wastes.aspx>, свободный. Загл. с экрана. (дата обращения: 17.03.2017).

22. Об утверждении федеральных норм и правил в области использования атомной энергии "Приповерхностное захоронение радиоактивных отходов. Требования безопасности" [Электронный ресурс]: приказ от 6 июня 2014 г. N 249. Доступ из справ.-правовой системы «Кодекс».

23. На Урале начали хоронить радиацию в подземном бункере [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ura.news/articles/1036269695>, свободный. Загл. с экрана. (дата обращения: 20.03.2017).

24. Об утверждении федеральных норм и правил в области использования атомной энергии "Захоронение радиоактивных отходов. Принципы, критерии и основные требования безопасности" [Электронный ресурс]: приказ от 22 августа 2014 г. N 379. Доступ из справ.-правовой системы «Кодекс».

25. Почти три четверти россиян заявили о поддержке атомной энергетики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://lenta.ru/news/2018/04/09/oprosrosatom/>, свободный. Загл. с экрана. (дата обращения: 25.03.2017).

26. Жители российских регионов размещения АЭС поддерживали атомную энергетику [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.atomic-energy.ru/news/2015/07/27/58608>, свободный. Загл. с экрана. (дата обращения: 27.03.2017).

27. Сорокин В.Т., Демин А.В., Кашеев В.В., Гатауллин Р.М., Медеяев И.А. Радиационные аспекты использования контейнеров НЗК-150-1,5П при кондиционировании радиоактивных отходов// Ядерная и радиационная безопасность. – 2015. – N 2 (76). – С. 3-10.

28. Моисеева Н.К., Костина Г.Д. Стратегический менеджмент: учебник (для подготовки бакалавров по специальности «Менеджмент организации»). – М.: МИЭТ, 2010. – 220 с.: ил.

29. Бородай А. Ю. Анализ возможности использования борсодержащих материалов в транспортных упаковках с РАО: дипломный проект / А. Ю. Бородай; НИ ТПУ; науч. рук. С. В. Беденко. – Томск, 2016.

30. Грицова О.А. Итоговая государственная аттестация. Методические

указания к выполнению расчетов экономической части ВКР (для студентов технических направлений подготовки) – Новоуральск, НТИ НИЯУ МИФИ, 2014. – 12 с.

31. Национальная психологическая энциклопедия. Система человек-машина [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://vocabulary.ru/termin/sistema-chelovek-mashina.html>, свободный. Загл. с экрана. (дата обращения: 01.04.2017).

32. ГОСТ 12.0.003-2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация [Текст]. – Введ. 09 июня 2016. – М.: Стандартинформ, 2016.

33. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы [Электронный ресурс]: постановление от 13 августа 2003 г. N 118. Доступ из справ.-правовой системы «Кодекс».

34. Основы Безопасности жизнедеятельности. Производственный шум [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.grandars.ru/shkola/bezopasnostzhiznedeyatelnosti/proizvodstvennyy-shum.html>, свободный. Загл. с экрана. (дата обращения: 05.04.2017).

35. Безопасность жизнедеятельности [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://mirznanii.com/a/308884-9/organizatsiya-dostupa-v-internet-posushchestvuyushchim-setyam-kabelnogo-televideniya-9>, свободный. Загл. с экрана. (дата обращения: 07.04.2017).

36. Сенько И.А. Воздействие электромагнитных излучений на организм человека. Средства и способы защиты от них [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.mtec.by/content/files/file-vozdjestvie-yelektromagnitnyx-izlucheniij-na084543.pdf>, свободный. Загл. с экрана. (дата обращения: 27.04.2017).

37. Истомин О.В. Спекание таблеток диоксида урана в высокотемпературных печах: дипломный проект/ О. В. Истомин; НИ ТПУ; науч. рук. В. Г. Бутов. – Томск, 2016.

38. ГОСТ Р 50923-96. Дисплеи. Рабочее место оператора. Общие

эргономические требования и требования к производственной среде. Методы измерения. [Текст]. – Введ. 10 июля 1996. – М.: Стандартиформ, 2008.

39. СП 12.13130.2009. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности [Электронный ресурс]: свод правил от 25 марта 2009 г. (с Изменением N 1). Доступ из справ.-правовой системы «Кодекс».

Приложение А
(Обязательное)

Final disposal of RW in Russia

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0АМ6Б	Чембура Вадим Сергеевич		

Руководитель магистерской диссертации

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Заместитель руководителя по УР НТИ НИЯУ МИФИ	Г.С. Зиновьев	к.т.н., доцент		

Консультант-лингвист кафедры философии НТИ НИЯУ МИФИ

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель каф. философии НТИ НИЯУ МИФИ	Г.Н. Базарова			

Abstract

This work is devoted to the study of the state and research of problems with radioactive waste management (RAW). Particular attention is paid to the final isolation of radioactive waste of the near-surface disposal of radioactive waste from the Novouralsk department of the Seversky branch of the National Operator for Radioactive Waste Management (NO RAO) in Novouralsk, Sverdlovsk Region. The study of the safety and environmental friendliness of technologies used at the enterprise was made. The main research methods were the study of expert opinion, opinion polls of the students of higher and secondary vocational education at Novouralsk Technological Institute of the NRNU MEPhI in particular and the comparative analysis of expert and public opinions. Recommendations for increasing the population's culture in the use of nuclear technologies are proposed.

A1 Introduction

Nuclear power today is one of the most promising sources of electric energy for mankind, nuclear technologies are successfully used in medicine, engineering, agriculture, scientific research. And in the future, it is nuclear energy that will open up fundamentally new opportunities for the development of mankind [1].

A distinctive feature of nuclear power is that by using a relatively small amount of fuel it is possible to produce a huge amount of energy [2]. However, as in any other field of industry, the production of electricity entails the generation of man-made waste. And in this case, most of them are radioactive, having radionuclides in them and can not be destroyed or buried safely. Therefore, this kind of waste requires special treatment, which will ensure the safety of human health and minimize the impact of ionizing radiation on the environment.

But along with all the benefits of using the energy of the atom, there are some disadvantages associated primarily with: non-proliferation of nuclear materials; ensuring physical, operational and environmental safety; management of radioactive waste, both in the process of formation and at the stage of final disposal.

It should be noted that in addition to radioactive waste (RW), there are other equally dangerous and toxic waste, which is also followed by a policy of safe management. According to some estimates, the annual volume of RW produced worldwide is approximately 0.5% of all industrial waste [1]. Approximately 97% of this amount is classified as low-level waste (NW) or medium-level waste (AW). There are no particular difficulties in handling such wastes or further disposal. The amount of highly active waste (HAO) produced in the production of nuclear fuel is small. With 11% of the world's electricity, nuclear power plants produce about 34,000 m³ of WANO annually. A distinctive feature of RAO is that their level of danger will decrease over time until they become completely safe [3].

The safe management of radioactive waste and spent nuclear fuel (SNF) is certainly relevant for Russia, as well as for those foreign countries that develop nuclear power, use radioactive sources for scientific purposes, in technology, medicine and agriculture [3].

The establishment and development of a system for the safe management of radioactive waste, safe for humans and the environment, is an important public task, the solution of which is based on an integrated approach, in – depth and comprehensive analysis and consideration of the legal, regulatory, scientific, technical, technological, methodological, social and political aspects.

In this article, the main subject of the study is the safety and environmental friendliness of the approaches used in the final isolation (disposal) of radioactive waste. The comparative analysis of expert and public opinion concerning the use of nuclear technologies was chosen as the main research method. The main aim of research was to find out whether the technologies used at the near-surface radioactive waste disposal site of the Novouralsk department of the Seversky branch of NO RAO in Novouralsk, Sverdlovsk Region, were safe and environmentally friendly

A2 Normative and legal framework

A2.1 Basic legislation and main regulations

Activities in the area of SNF management, radioactive waste treatment and decommissioning are regulated by a set of legal documents, including federal laws, decrees of the President of the Russian Federation and the Government of Russian Federation, federal regulations and other relevant departments

The fundamental legal documents [4,5]:

- Federal Law "On the Use of Atomic Energy" dated 21.11.1995 № 170-FZ.
- Federal Law "On Radioactive Waste and Amendments in a separate legislative acts of the Russian Federation" of 11.11.2011 № 190-FZ.
- Federal Law "On ratification of the Joint Convention on the Safety of Spent Nuclear Fuel management and the Safety of Radioactive Waste treatment" of 04.11.2005, № 139-FZ.
- Federal Law "On Environmental Safety" of 10.01.2002 № 7-FZ.
- Federal Law "On Subsoil" of 21.02.1992 № 2395-1.
- Federal Law "On Radiation Safety of the population" of 09.01.1996, № 3-FZ.
- Federal Law "On Sanitary and Epidemiological Welfare of the population" of 30.03.1999 № 52FZ.
- Federal Law "Water Code of the Russian Federation" of 19.06.2007 № 74-FZ.
- Federal Law of "The State Atomic Energy Corporation" Rosatom "of 01.12.2007, № 317-FZ.

A2.2 Principal regulations (rules) General regulations

- Norms of radiation safety HPБ-99/2009
- Main sanitary rules of radiation safety assurance ОСПОРБ-99/2010

- Sanitary rules of radioactive wastes treatment ЦПОО-2002

A2.3 Rules/regulations related to specific activities Specific Regulations

According to the federal law on radioactive waste treatment into the system of RW classification there has been introduced a new concept - "Special RW". This category refers to radioactive wastes, for which the risks associated with radiation exposure, other risks, as well as costs associated with the recovery of RW from the storage facility, subsequent treatment, including disposal prevail over the risks and costs associated with the disposal of such radioactive wastes in their location. In particular, special RW may refer to sediments in LRW ponds generated as a result of protection programs at radiochemical plants [5].

Rules specifying the attribution of RW to the category of "special" and specific features of such RW treatment are currently under development.

A2.4 Normative and regulatory documents

- Safety precautions for management of radioactive waste at nuclear power plants NP-002-04
- Collecting, processing, storage and conditioning of liquid radioactive waste. Safety requirements of NP-019-2000.
- Collecting, processing, storage and conditioning of solid radioactive waste. Safety requirements of NP-020-2000.
- Treatment of gaseous radioactive waste. Safety requirements of NP-021-2000.
- Safety regulations for temporary storage of radioactive wastes that are formed during mining, processing and use of minerals NP-052-04.
- Disposal of radioactive wastes. Principles, criteria and essential safety requirements NP-055-04.
- Safety during management of radioactive wastes. General provisions NP-

058-04.

- Near Surface Disposal of Radioactive Waste. Safety requirements NP-069-06.

- Requirements for the quality assurance program on radioactive wastes RB-003-98.

- About the Criteria of liquid, solid and gaseous waste attribution to radioactive wastes, criteria of radioactive waste attribution to specific radioactive wastes and criteria for classification of removable radioactive wastes. The Russian Federation Government Decree of October 19, 2012 № 1069

A2.5 Licensing procedures

- Federal Law "On Environmental Impact Assessment" of 23.11.1995 № 174-FZ.

- Federal Law "On licensing of certain types of activities" of 08.08.2001 № 128-FZ

- Instruction in the Review statement and documents submitted to obtain a license to operate in the field of nuclear energy by the central office of the Federal Service for Environmental, Technological and Nuclear Supervision RD-03-08-2004.

A2.6 Information and Participation of the Public

Federal Law “On the use of Atomic Energy” guarantees the rights of public organizations (associations) and citizens to be informed and participate in policy-making in the field of nuclear energy (Article 13-14).

Licenses for activities related to SNF, RW management and decommissioning are issued only after approval of safety of the declared activities at public hearing.

A3 Waste management strategy and current practice

A3.1 Waste classification

Russian RW classification is based on the provisions of the Federal Law of 11.11.2011 № 190 -FZ "On Radioactive Waste and Amendments to Certain Legislative Acts of the Russian Federation" and Decree of the Government of the Russian Federation of 19.10.2012 № 1069 "On criteria of solid, liquid and gaseous waste attribution to radioactive waste , the criteria of radioactive wastes attribution to special radioactive wastes and to disposed radioactive wastes, and classification criteria for disposal of radioactive wastes" [5].

Classification system takes into account both characteristics of radioactive wastes, and aspects of their subsequent disposal. Suggestions have been made for further development of the Russian classification system in the direction of RW synchronization with similar foreign documents and IAEA recommendations.

Solid, liquid and gaseous wastes containing radionuclides, except for waste generated during the implementation of activities not connected with the use of nuclear energy for mining and processing of minerals and organic materials with a high content of natural radionuclides belong to RW class if the sum of ratios specific (for solid and liquid waste) or volume (for gaseous waste) activities of radionuclides in the waste to their limit values shown in the above-mentioned Decree of the Government of the Russian Federation of 19.10.2012, №1069, exceeds 1 [5].

In case of impossibility to determine the amount of relations between specific activities of radionuclides in the waste to the above limits of solid waste containing radionuclides, except for the wastes generated during the implementation of activities not related to the use of nuclear energy - mining and processing of minerals and an organic materials with a high content of natural radionuclides belong to RW class if specific activity of the radionuclides in the waste exceeds:

- 1 Bq/g – for alpha-nuclides;
- 100 Bq/g – for beta nuclides.

In case it is impossible to determine the amount of relations between specific

activities of radionuclides in the wastes specified in the annex to the present document their limit liquid waste containing radionuclides , except for waste generated during activities not related to the use of nuclear energy – such as mining and processing of minerals and organic materials with a high content of natural radionuclides belong to radioactive wastes in case specific activity of radionuclides in the waste is more than:

- 0,05 Bq/g – for alpha-nuclides;
- 0,5 Bq/g – for beta nuclides.

Solid and liquid wastes generated during the implementation of activities not related to the use of nuclear energy such as mining and processing of minerals and organic materials with high content of natural radionuclides are attributed to RW based on calculation using formulas that take into account specific activity of radium-226, thorium-232 and potassium-40 [5].

According to the federal law on radioactive waste management radioactive waste can be classified in the category of "Disposed RW" and "Special RAO" with regard to the subsequent management.

A3.2 Disposed radioactive wastes

To the class of removable RW there belong RW for which the risks associated with radiation exposure, other risks, as well as costs associated with the recovery of RW from RW storage facility, followed by proper treatment, including disposal, do not exceed the risks and costs associated with disposal of radioactive waste in their location.

Disposed RW can be classified by the following features [5]:

- depending on the half-life of the radionuclides contained in RW: long-life radioactive waste and short-life radioactive waste.
- depending on the specific activity: high-level radioactive waste (HLW) , intermediate-level radioactive waste (ILW) , low-level radioactive waste (LLW) , very low-level radioactive waste (VLLW).
- depending on the state of aggregation: liquid radioactive waste (LRW),

solid radioactive waste (SRW) , gaseous radioactive waste (GRW).

- depending on the content of nuclear materials: RW containing nuclear materials, radioactive waste not containing nuclear material.
- spent sealed sources of ionizing radiation (SIR);
- RW generated during extraction and processing of minerals and organic materials with an increased content of natural radionuclides.

Table 1 shows the specific activity values for each category of radioactive waste [4,5].

Table 1 – Classification of solid RW by specific activity

Category of RW	Specific activity of RW, Bq/g			
	Beta-nuclides	Alpha-nuclides (including transuranium)	Transuranium elements	Tritium
Solid RW				
VLLW	$< 10^3$	$< 10^2$	$< 10^1$	$< 10^7$
LLW	$10^3 - 10^4$	$10^2 - 10^3$	$10^1 - 10^2$	$10^7 - 10^8$
Middle LRW	$10^4 - 10^7$	$10^3 - 10^6$	$10^2 - 10^5$	$10^8 - 10^{11}$
HLW	$> 10^7$	$> 10^6$	$> 10^5$	$> 10^{11}$
Liquid RW				
LLW	$< 10^3$	$< 10^2$	$< 10^1$	$< 10^4$
Middle LRW	$10^3 - 10^7$	$10^2 - 10^6$	$10^1 - 10^5$	$10^4 - 10^8$
HLW	$> 10^7$	$> 10^6$	$> 10^5$	$> 10^8$

Classification system considers both characteristics of RW as well as aspects of its further disposal.

Further in Table 2, a description of each of the six classes of radioactive waste taken in the Russian Federation is presented [5].

Table 2 – Classification of disposed RW in relation to the methods of its further disposal

Class	State of aggregation	Type of RW	Method of disposal
1	Solid	Solid or liquid solidified HLW with high heat containing radionuclides with the following specific activities: – Tritium $\rightarrow 10^{11}$ Bq/g – By beta-emitters (except for tritium) $\rightarrow 10^7$ Bq/g – Alpha emitters (excluding TRU) $\rightarrow 10^6$ Bq/g – For transuranic nuclides $\rightarrow 10^5$ Bq/g	Disposal in points of deep disposal of preconditioned radioactive wastes to reduce its heat release.
2	Solid	Solid or liquid solidified HLW and spent sealed sources of ionizing radiation containing radionuclides with the following specific activities: – Tritium $\rightarrow 10^{11}$ Bq/g – By beta- emitters (except for tritium) $\rightarrow 10^7$ Bq/g – Alpha emitters (excluding TRU) $> 10^6$ Bq/g – For transuranic nuclides $\rightarrow 10^5$ Bq/g Solid long-life ILW containing radionuclides with half-lives of more than 30 years and a specific activity : – from 10^8 to 10^{11} Bq / g - for tritium radioactive waste; – from 10^4 to 10^7 Bq / g - for RW containing beta- emitting radionuclides (except for tritium); – from 10^3 to 10^6 Bq / g - for radioactive waste containing alpha emitting radionuclides (except transuranic); – from 10^2 to 10^5 Bq / g - for RW containing transuranic radionuclides	Disposal in points of deep disposal of nonpreconditioned radioactive waste without in order to reduce its heat exposure.
3	Solid	Solid ILW containing radionuclides with a specific activity: – from 10^8 to 10^{11} Bq/g - for tritium radioactive waste; – from 10^4 to 10^7 Bq/g - for RW containing beta-emitting radionuclides (except for tritium); – from 10^3 to 10^6 Bq/g - for radioactive waste containing alpha-emitting radionuclides (except for transuranic); – from 10^2 to 10^5 Bq/g - for RW containing transuranic radionuclides; Solid long-lived LLW containing radionuclides with half-lives of more than 30 years and a specific activity: – from 10^7 to 10^8 Bq/g - for tritium radioactive waste;	Disposal in points of subsurface disposal of nonpreconditioned radioactive waste to be placed at the depth of 100 meters.

Table 2 continuation

Class	State of aggregation	Type of RW	Method of disposal
		– from 10^3 to 10^4 Bq/g - for RW containing beta-emitting radionuclides (except for tritium); – from 10^2 to 10^3 Bq/g - for radioactive waste containing alpha-emitting radionuclides (except for transuranic); – from 10^1 to 10^2 Bq/g - for RW containing transuranic radionuclides.	
4	Solid	Solid long-life LLW containing radionuclides with specific activity : – from 10^7 to 10^8 Bq/g - for tritium radioactive waste; – from 10^3 to 10^4 Bq/g - for RW containing beta-emitting radionuclides (except for tritium); – from 10^2 to 10^3 Bq/g - for radioactive waste containing alpha emitting radionuclides (except transuranic); – from 10^1 to 10^2 Bq/g - for RW containing transuranic radionuclides. Very low-level solid radioactive waste containing radionuclides specific activity : – to 10^7 Bq/g - for tritium radioactive waste; – to 10^3 Bq/g - for RW containing beta -emitting radionuclides (except for tritium); – to 10^2 Bq/g - for RW containing alpha-emitting radionuclides (except for transuranic); – to 10^1 Bq/g - for RW containing transuranic radionuclides.	Near surface disposal at the same level with ground surface
5	Liquid	Liquid ILW containing radionuclides with specific activity: – from 10^4 to 10^8 Bq/g - for tritium radioactive waste; – from 10^3 to 10^8 Bq/g - for RW containing beta-emitting radionuclides (except tritium); – from 10^2 to 10^6 Bq/g - for radioactive waste containing alpha emitting radionuclides (except transuranic); – from 10^1 to 10^5 Bq/g - for RW containing transuranic radionuclides. Liquid LLW containing radionuclides specific active- Stew : – to 10^4 Bq/g - for tritium radioactive waste; – to 10^3 Bq/g - for RW containing beta -emitting radionuclides (except tritium); – to 10^2 Bq/g - for RW containing alpha-emitting radionuclides (except transuranic); – to 10^1 Bq/g - for RW containing transuranic radionuclides.	Disposal in points of deep disposal of liquid radioactive waste, constructed and operated as for the day of validation of the Federal Law on Radioactive wastes treatment.

Table 2 continuation

Class	State of aggregation	Type of RW	Method of disposal
6	-	RW generated during mining and processing of uranium ores, as well as during the implementation of activities not related to the use of atomic energy while mining and processing minerals and organic materials with a high content of natural radionuclides.	Disposal in points of subsurface disposal of nonpreconditioned radioactive waste

A3.3 Specific radioactive wastes

The category of "Special RW" include RW, for which the risks associated with radiation exposure, other risks, as well as costs associated with the recovery of RW from RW storage facility, followed by proper treatment, including disposal, prevail over the risks and costs associated with the disposal of radioactive wastes in their location.

The Federal law on radioactive waste management characterizes the "Special RW" as follows:

"Special RW include RW formed as a result of the state armament program and state defence order, the use of nuclear weapons for peaceful purposes or as a result of nuclear and (or) radiation accident at a nuclear facility, LRW placed in surface reservoirs – storages with total capacity of more than 25,000 cubic meters, commissioned before validation of the Federal Law on treatment of radioactive wastes and sediments, as well as sediments in such storage ponds that meet the following criteria [5]:

- calculated in accordance with the federal rules and regulations, as well as sanitary rules in the field of radiation safety collective effective dose for the entire period of the potential hazard of radioactive waste and the risk of potential exposure associated with the removal of radioactive waste exceeds the collective effective dose for the entire period of the potential hazards and the risk of potential exposure associated with the disposal of radioactive waste in their location;
- costs associated with the disposal of radioactive wastes (including the

costs of their extraction, processing, conditioning, transportation to the point of disposal and disposal) exceed the total amount of possible harm to the environment in case of disposal of radioactive waste in their location and the cost of disposal of radioactive waste in place their location (including the cost of transition point of storage of radioactive waste at the point of disposal of non-preconditioned radioactive waste, its operation and closure, as well as costs of safety assurance during the period of the potential hazard coming from RW);

– point of storage of radioactive waste and sanitary protection zone located outside the boundaries of settlements, protected areas, coastal protection lines and water protection zones of water bodies, and other security protection zones established in accordance with the legislation of the Russian Federation”.

A3.4 Strategy in the field of radioactive wastes management

A3.4.1 Spent nuclear fuel

Currently in Russia there are implemented all stages of the nuclear fuel cycle - from mining and enrichment of uranium ore to reprocessing of SNF with extraction of uranium used repeatedly.

Strategy for further development of the Russian nuclear industry is aimed at the closure of the nuclear fuel cycle both for uranium and plutonium based on nuclear power plants with fast neutron reactors.

In view of the above, Russia's national policy in the field of SNF management is based on the notion that SNF is not RW, is recyclable and is subject to return to the nuclear fuel cycle of the recovered nuclear materials [5].

As a result of reprocessing of SNF for nuclear weapon materials at Manufacturing group "Mayak", Siberian chemical combine and Mining chemical combine there were formed significant amounts of liquid

A3.4.2 High- Level Radioactive Wastes

High-level wastes (HLW) stored in special containers with the provision of the necessary safety measures (RW of "nuclear legacy").

At the moment due to the halt in activity of radiochemical plants of defensive purpose liquid HLW are generated only at MG "Mayak", where since 1979 there is operated radiochemical plant RT-1 for reprocessing SNF from VVER-440, BN-600, research reactors, as well as naval reactors and atomic icebreaker fleet. Recovered highly enriched uranium is then used in the manufacture of fresh fuel for nuclear power plants with RBMK reactors [5].

All liquid HLW generated at RT-1 plant "Mayak" and part of the accumulated liquid HLW of "nuclear legacy" are solidified by a vitrification method at installation with ceramic melter with the capacity up to 500 l / h for initial LRW.

For nearly 25 years of existence, the vitrification plant "Mayak" solidified about 30 thousand cubic meters of liquid HLW and embodied in aluminophosphate glass more than 600 million curies of activity. Vitrified RW are placed in special canisters and stored at "Mayak" until creation of geological disposal facilities [5].

In 2015 there will start operation of a new vitrification installation EP-500/5 instead of the expired EP-500/4. The technology is Experimentaled on the use of the induction melter "cold crucible" that will vitrify accumulated HLW with complex composition.

A3.4.3 Low and Intermediate-Level Radioactive Waste

For a long time nuclear fuel cycle technology was mainly used for defence purposes to obtain weapons-grade uranium and plutonium at three reprocessing plants in USSR - "Mayak", MCC and SCC . The main requirement for waste management system at that time was their isolation , which used a simplified design engineering structures (SRW) and specially equipped storage reservoirs (LRW). Currently, these systems do not meet modern requirements , thus works are conducted on transition to

modern technologies of RW treatment, as well as well as transfer of the accumulated wastes to safe condition (RW of "nuclear legacy") [5].

After detailed geological studies at SCC and GCC technology has been applied for underground disposal of liquid radioactive waste of low and intermediate level by injection into isolated aquifers located at a depth of 180-500 m in the rocks. Underground landfills for the disposal of liquid radioactive waste are equipped with observation wells for continuous monitoring of the radiation. Within only 40 years of landfills operation there were isolated about 58 million cubic meters of LRW [5]. It is expected to continue underground disposal of liquid radioactive waste for some more time to create complexes of radioactive waste management based on modern technologies.

System of low and intermediate level LRW treatment at MG "Mayak" is based on isolating them in special open type storage ponds, located at the site of the combine. In 2015, there will be started operation of cementation centre for intermediate-level liquid radioactive waste, which will allow to decommission, and then conserve the most potentially dangerous radiation reservoir storage Karachai (B-9), the total activity in which according to estimates is above 100 million Curie [5].

Currently RW of low and intermediate radioactive level from nuclear power plants are processed and are stored at NPP sites.

Design solutions for RW treatment at NPPs recently constructed ensure RW conditioning, containerization and temporary storage in engineering constructions on the territory of NPP to transfer for disposal to the national operator on RW management.

At nuclear power plants built before the 70th of the last century, conditioning of SRW and solidification of LRW concentrates was supposed to be done during the plant decommissioning. For this reason, a number of nuclear power plants accumulated radioactive waste requiring processing to reduce the amount and transfer into the form which is safe for storage. In this regard, the work was carried out to extract the accumulated SRW followed by their selection and processing by the methods of compaction and combustion; activities are done on supplying the plants with the full

set of equipment required for conditioning of RW [5].

Accumulated residues from evaporation of the source LRW NPP are assumed to be recycled by technology based on selective sorption of radionuclides with a final product of this procedure being the containers with radioactive cement compound directed to waste facilities, and non-radioactive saline melt. First time the technology has been experimented and implemented at Kola NPP. The advantage of this technology is a significant decrease in the volume of conditioned radioactive wastes sent for disposal.

RW of low and medium activity levels generated as a result of the use of radioactive substances and nuclear materials in science, medicine and industry are directed to specialized institutions - FSUE " RosRAO " and FSUE "Radon" for conditioning and storage before transfer for disposal of the national operator on RW management [5].

LRW with low level of activity from the Research Institute of Atomic Reactors (RIAR) are injected into aquifers to a depth of 1130-1550 m similar to the method of the underground injection used at SCC and GCC. According to the data as for 2012 there have been buried 6.6 cubic meters of LRW.

One of the most important technical challenges in the coming years is supply of the enterprises with a complete set of equipment for RW conditioning, which also includes several nuclear power plants with SRW and LRW treatment facilities being under construction.

The unsolved problem for today is creation of regional storage facilities and disposal of radioactive wastes due to which RW storages are still arranged at industrial sites of NPPs. The absence of such facilities also prevents large-scale activities on decommissioning [5].

References

1. V.M. Murogov. Nuclear power today. 7 facts about the prospects for the development of the nuclear industry in the modern world [Electronic resource]. – Access mode: <https://postnauka.ru/faq/14277>, free. Ver. from the screen;
2. Radioactive Waste Management [Electronic resource]. – Access mode: <http://www.world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/nuclear-wastes/radioactive-waste-management.aspx>, free. Ver. from the screen;
3. IAEA Safety glossary. Terminology used in nuclear safety and radiation protection 2016 revision, IAEA, Vienna (2016);
4. O. A. Kochetkov. The regulative base of radioactive waste management in Russian Federation [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.iaea.org/OurWork/ST/NE/NEFW/CEG/documents/ws032008/4.4%20WA4%20Kochetkov%20eng%20-%20Paper.pdf>, free. Ver. from the screen;
5. Status and trends in spent fuel and radioactive waste management. International Atomic Energy Agency. ISSN 1995–7807; no. NW-T-1.14 – Vienna: IAEA, 2018.

Приложение В

(справочное)

Таблица В – Классификация МАГАТЭ в отношении РАО

Категория	Характеристика	Способ захоронения
Неподлежащие контролю отходы	Радиоактивные вещества, которые отвечают критериям выведения из сферы регулирования, изъятия или исключению	Нет радиологических ограничений
Очень короткоживущие РАО (ОКАО)	РАО, которые могут храниться с целью снижения активности до уровней выведения в течение ограниченного периода времени (до нескольких лет) с последующим выведением из сферы. К этой группе относятся РАО, содержащие в основном радионуклиды с небольшим периодом полураспада (часто используемые в исследовательских и медицинских целях)	После выведения из сферы регулирования безопасности – неконтролируемое захоронение, использование или сброс
Очень низкоактивные РАО (ОНАО)	РАО, не удовлетворяющие критериям выведения, но для которых не требуется высокого уровня локализации и изоляции (например, бетон, щебень, грунт и строительные материалы с очень низкой удельной активностью)	Захоронение в наземных хранилищах упрощенного (полигоны)
Низкоактивные РАО (НАО)	РАО, удельная активность радионуклидов в которых выше уровней выведения, но с ограниченным количеством долгоживущих радионуклидов	Захоронение в приповерхностных хранилищах на глубине до нескольких десятков метров
Среднеактивные РАО (САО)	РАО, для которых из-за наличия в них долгоживущих радионуклидов требуется более высокий уровень локализации и изоляции, чем при приповерхностном захоронении. Для некоторых РАО данной группы требуется учет их тепловыделения при их хранении и захоронении. В эту группу включают РАО, содержащие долгоживущие радионуклиды в частности, альфа-излучающие. Их потенциальная опасность сохраняется в течение длительного периода времени, превышающего срок, установленной	Захоронение в приповерхностных хранилищах на глубине до нескольких десятков метров

Продолжение таблицы В

Категория	Характеристика	Способ захоронения
	для приповерхностного захоронения длительности ведомственного контроля	
Высокоактивные РАО (ВАО)	РАО, содержащие значительное количество высокоактивных радионуклидов, что приводит к значительному тепловыделению, или содержащие значительное количество долгоживущих нуклидов (отработанное ядерное топливо ОЯТ, остеклованные РАО, полученные при переработке ОЯТ и др.)	Захоронение в стабильных глубоких геологических формациях на глубине несколько сотен метров

Приложение Г

(справочное)

Таблица Г – SWOT-анализ

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта	Слабые стороны научно-исследовательского проекта
	С1. Актуальность выбранной темы; С2. Наличие простого и эффективного оборудования; С3. Наличие бюджетного финансирования; С4. Создание благоприятной среды для эффективной работы; С5. Уникальная информация, используемая в работе (интервью, соц. опрос)	Сл1. Отсутствие практической работы или посещения объекта; Сл2. Необходимости изучение одного типа материала на двух разных языках; Сл3. Охват только одной социальной группы при проведении анкетирования.
Возможности	Сильные стороны и возможности	Слабые стороны и возможности
В1. Использование инфраструктуры НТИ НИЯУ МИФИ в качестве базы для создания информационного центра по вопросам использования энергии атома; В2. Проведение публичных встреч студентов с населением города (в форме презентаций) по вопросам, связанным с деятельностью ФГУП «НО РАО»; В3. Организация экскурсий для жителей г. Новоуральска на пункт ПЗРО.	Сильные стороны крайне эффективно влияют на возможность создания информационного центра по вопросам использования энергии атома в НТИ НИЯУ МИФИ;	Из результатов анализа видно, что возможности положительно влияют на слабые стороны проекта, поскольку создания информационного центра, проведение регулярных встреч с населением, а также организация экскурсий для желающих могут заинтересовать и прояснить важную информацию для разных социальных групп города.
Угрозы	Сильные стороны и угрозы	Слабые стороны и угрозы
У1. Незаинтересованность потенциальных потребителей проект к результатам исследования;	Анализ сильных сторон и угроз показывает, что вышеуказанные сильные стороны проекта могут в достаточной степени	Слабые стороны и угрозы данного проекта можно нивелировать в будущих проектах, посредством охвата большей аудитории, а также

Продолжение таблица Г

Угрозы	Сильные стороны и угрозы	Слабые стороны и угрозы
У2. Невозможность выполнения предложенных рекомендаций проекта по экономическим или внутренним соображениям.	уменьшить процент угроз исследования	прямого взаимодействия с потребителями проекта.

Приложение Д

(справочное)

Таблица Д – Линейный график выполнения всех работ для магистранта

Этап проектирования	Трудоёмкость, час	Исполнитель	Часовая тарифная ставка, руб/час	Зарботная плата, З _{ОСН.М.} руб.
Разработка и утверждение технического задания	6	Магистрант	18,3	109,8
Изучение проблемы и подбор литературы	126	Магистрант	18,3	2305,8
Календарное планирование работ	48	Магистрант	18,3	878,4
Обзор зарубежной и отечественной литературы по теме исследования	90	Магистрант	18,3	1647
Проведение интервью с экспертом атомной отрасли	12	Магистрант	18,3	219,6
Проведение социологического опроса среди учащейся молодежи НТИ НИЯУ МИФИ	48	Магистрант	18,3	878,4
Обработка и анализ результатов исследования	54	Магистрант	18,3	988,2
Формулирование выводов и рекомендаций	24	Магистрант	18,3	439,2
Составление пояснительной записки	36	Магистрант	18,3	658,8
Проверка работы на соответствие ГОСТу	18	Магистрант	18,3	329,4

Продолжение таблица Д

Этап проектирования	Трудоёмкость, час	Исполнитель	Часовая тарифная ставка, руб/час	Заработная плата, З_{ОСН.М.} руб.
Оформление презентации и подготовка к защите	78	Магистрант	18,3	1427,4
Итого				9882

Приложение Е

(справочное)

Таблица Е – Критерии приемлемости для захоронения РАО 3 класса

Нормируемый показатель	Предельно допустимое значение
Требования к радиоактивному содержанию	
Предельная (максимальная) удельная активность радионуклидов - бета (гамма)-излучающие радионуклиды - альфа-излучающие радионуклиды - трансурановые радионуклиды	до $1,0 \times 10^{10}$ Бк/г до $1,0 \times 10^6$ Бк/г до $1,0 \times 10^5$ Бк/г
Удельная активность основных бета-, гамма- излучающих радионуклидов в: НЗК-150-1,5П	$^{137}\text{Cs} - 6,0 \times 10^8$ Бк/кг; $^{134}\text{Cs} - 5,0 \times 10^7$ Бк/кг; $^{90}\text{Sr} - 10^8$ Бк/кг; $^{60}\text{Co} - 10^8$ Бк/кг; $^3\text{H} - 1,5 \times 10^8$ Бк/кг; $^{63}\text{Ni} - 1,5 \times 10^7$ Бк/кг; $^{54}\text{Mn} - 1,5 \times 10^8$ Бк/кг; $^{97}\text{Nb} - 1,5 \times 10^8$ Бк/кг
Максимальная удельная активность отдельных бета-, гамма- излучающих радионуклидов при мононуклидном составе отходов в: НЗК-150-1,5П	$^{137}\text{Cs} - 2,35 \times 10^9$ Бк/кг; $^{134}\text{Cs} - 7,71 \times 10^8$ Бк/кг; $^{60}\text{Co} - 2,87 \times 10^8$ Бк/кг; $^{54}\text{Mn} - 1,23 \times 10^9$ Бк/кг
Допустимая суммарная активность в упаковке РАО	Предельная удельная активность радионуклидов в упаковке не должна превышать значений, установленных сертификатом на контейнеры, на основании которых подготовлены поступающие на захоронение упаковки РАО
Требования к упаковкам РАО	
Мощность поглощённой дозы на поверхности упаковки РАО	Не более 2мГр/ч (не более 10 мГр/ч по особому разрешению)
Нефиксированное загрязнение внешней поверхности упаковки: - бета- и гамма- излучающие радионуклиды - альфа- излучающие радионуклиды	В соответствии с НРБ-99/2009 и НП-093-14 Не более $2 \cdot 10^3$ частиц/(см ² ·мин) Не более $2 \cdot 10^1$ частиц/(см ² ·мин)
Сохранение изолирующей способности упаковки РАО	Срок службы упаковки при захоронении - не менее 100 лет
Форма упаковки, передаваемой на захоронение	Контейнер НЗК-МР, НЗК-Радон, НЗК-150-1,5П, ЖЗК-2, ЖБУ, ЖЗК, НЗК-П
Скорость выхода радионуклидов из упаковки	не более 1×10^{-2} /год для трития; не более 1×10^{-3} /год для бета/гамма-излучающих радионуклидов, за исключением трития; не более 1×10^{-4} /год для альфа-излучающих радионуклидов.

Приложение Ж

(справочное)

Таблица Ж – Критерии приемлемости для захоронения РАО 4 класса

Нормируемый показатель	Предельно допустимое значение
Требования к радиоактивному содержанию	
Предельная (максимальная) удельная активность радионуклидов - бета (гамма)-излучающие радионуклиды - альфа-излучающие радионуклиды - трансурановые радионуклиды	до $1,0 \times 10^7$ Бк/г до $1,0 \times 10^5$ Бк/г до $1,0 \times 10^4$ Бк/г
Удельная активность основных бета-, гамма- излучающих радионуклидов	$^{137}\text{Cs} - 6,0 \times 10^6$ Бк/кг; $^{134}\text{Cs} - 5,0 \times 10^5$ Бк/кг; $^{90}\text{Sr} - 10^6$ Бк/кг; $^{60}\text{Co} - 10^6$ Бк/кг; $^3\text{H} - 1,5 \times 10^6$ Бк/кг; $^{63}\text{Ni} - 1,5 \times 10^6$ Бк/кг; $^{54}\text{Mn} - 1,5 \times 10^6$ Бк/кг; $^{97}\text{Nb} - 1,5 \times 10^6$ Бк/кг
Максимальная удельная активность отдельных бета-, гамма- излучающих радионуклидов при мононуклидном составе отходов	$^{137}\text{Cs} - 1,0 \times 10^7$ Бк/кг; $^{134}\text{Cs} - 8,64 \times 10^6$ Бк/кг; $^{60}\text{Co} - 4,96 \times 10^6$ Бк/кг; $^{54}\text{Mn} - 1,0 \times 10^7$ Бк/кг
Требования к упаковкам РАО	
Мощность поглощённой дозы на поверхности упаковки РАО	Не более 0,5 мГр/ч (не более 2 мГр/ч по особому разрешению)
Нефиксированное загрязнение внешней поверхности упаковки: - бета- и гамма- излучающие радионуклиды	В соответствии с НРБ-99/2009 и НП-093-14 Не более $2 \cdot 10^3$ частиц/(см ² ·мин)
- альфа- излучающие радионуклиды	Не более $2 \cdot 10^1$ частиц/(см ² ·мин)
Форма упаковки, передаваемой на захоронение	Контейнер КМЗ, НЗК-МР, НЗК-Радон, НЗК-150-1,5П, Крад-1,36, клетки с 4 бочками 200 л, ЖЗК-1, ЖБУ, ЖЗК
Скорость выхода радионуклидов из упаковки	не более 1×10^{-4} /год для альфа-излучающих радионуклидов.