

Обзор зарубежных практик обращения с ОЯТ и РАО

Москва 2022

Федеральное государственное унитарное предприятие
«Национальный оператор по обращению с радиоактивными отходами»

Оглавление

БЕЛЬГИЯ.....	6
1. История зарождения и главные мощности атомной отрасли Бельгии	6
2. Законодательное регулирование вопросов безопасности обращения с ОЯТ и РАО в Бельгии.	7
3. Структура взаимодействия органов и организаций в области обращения с ОЯТ и РАО. .	9
4. Политика и практика обращения с радиоактивными отходами в Бельгии.	10
Обращение с РАО	12
Хранение низкоактивных отходов на АЭС Дуль	13
Хранение радиоактивных отходов на площадке Belgoprocess	13
Финальная изоляция отходов категории А	13
Долгосрочное обращение с отходами категорий В и С	14
ВЕЛИКОБРИТАНИЯ.....	16
1. Статус и перспективы развития отрасли атомной энергетики в Великобритании.....	16
2. Политика и стратегии обращения с радиоактивными отходами.....	18
Общая политика обращения с радиоактивными отходами	18
Обращение с ВАО	18
3. Практика обращения с ОЯТ и РАО в Великобритании	21
Практика обращения с ОЯТ	21
Практика обращения с РАО	21
Практика обращения с РАО среднего уровня активности	21
Объекты по обращению с РАО. Хранилище НАО. Способы захоронения и обращения с РАО.....	21
Оценка пригодности к захоронению: компания RWM. Заключение о соответствии требованиям, предъявляемым регулятором	22
Временные хранилища САО	23
Развитие инфраструктуры системы обращения с РАО.....	23
Работа с общественностью, предваряющая создание ПГЗРО.....	23
4. Регулирование сферы обращения с РАО в Великобритании	24
5. Законодательные изменения сфере обращения с РАО в Великобритании	24
6. Задачи Соединенного Королевства Великобритании в сфере обращения с РАО	25
ВЕНГРИЯ.....	27
1. Законодательство в сфере обращения с РАО	27
Ядерное нераспространение	28
Лицензирование.....	28
2. Отрасль атомной энергетики Венгрии – факты	28
3. Вывод АЭС из эксплуатации. Сценарии для АЭС «Пакш»	29
4. Процесс подготовки к захоронению ОЯТ	30

5. Объекты приповерхностного захоронения РАО в Венгрии	30
Объект по обращению с РАО Пушпоксиладь (Püspökszilágy) – характеристики и инженерный проект	30
Национальный пункт захоронения радиоактивных отходов низкого и среднего уровня активности Батаапати	31
6. Взаимодействие с общественностью при создании и эксплуатации ПЗРО	33
ГЕРМАНИЯ	34
1. История отрасли атомной энергетики Германии	35
Динамика изменений структуры производства ядерной энергии в новейший период истории страны	35
2. Законодательство	36
Структура	37
Система лицензирования	38
Регулятор	39
Общие положения по безопасности	39
3. Безопасность при обращении с отработавшим ядерным топливом	39
4. Политика и практика в отношении РАО и ОЯТ	40
Обращение с ОЯТ	40
Обращение с РАО	40
5. Практика обращения с радиоактивными отходами	41
Отработавшее ядерное топливо	41
Радиоактивные отходы	42
Хранилища РАО	42
Пункты захоронения РАО	43
ИСПАНИЯ	45
1. История отрасли	45
2. Политика и практика в области обращения с радиоактивными отходами	46
3. Ведомства, ответственные за реализацию проектов захоронения РАО	47
4. Законодательные нововведения в сфере ядерной безопасности	48
5. Классификация и реестр РАО в Испании	48
6. Практика в области обращения с РАО и ОЯТ	49
Пункт захоронения НАО, САО и ОНАО на объекте «Эль Кабриль»	49
Проект пункта централизованного промежуточного хранения ОЯТ, ВАО и САО (Вильяр-де-Каньяс)	49
Проект по созданию единого национального пункта захоронения РАО	50
7. Инвентаризация радиоактивных отходов в Испании	50
КАНАДА	53
1. Общая характеристика ядерной отрасли Канады	53

2. Политика в отношении РАО и ОЯТ. Классификация радиоактивных отходов	54
3. Практика обращения с РАО	55
4. Практика обращения с ОЯТ	56
5. Законодательная и нормативная системы в области обращения с РАО и ОЯТ в Канаде 58	
6. Регулирующий орган	58
7. Общие вопросы безопасности. Безопасность обращения с РАО и ОЯТ	59
8. Международное сотрудничество в области обращения с РАО	59
КИТАЙ	61
1. Общая характеристика ядерной энергетики Китая и надзорные органы	61
2. Законодательная база в области обращения с радиоактивными отходами	63
3. Лицензирование	64
4. Обращение с ОЯТ	64
5. Политика и практика в отношении РАО	64
6. Взаимодействие с общественностью и информирование	67
7. Международное сотрудничество и инициативы	68
США	70
1. Политика и практика обращения с радиоактивными отходами в США	71
Сферы ответственности государственных организаций	71
Коммерческий сектор: обращение с РАО	72
Новое в сфере обращения с радиоактивными отходами:	72
2. Реализация стратегий по обращению с ОЯТ и РАО	73
3. Обращение с РАО в Соединенных Штатах Америки	74
4. Обращение с отработанным ядерным топливом в Соединенных Штатах Америки	77
ФИНЛЯНДИЯ	79
1. Обзор ядерной энергетики Финляндии	79
2. Ядерное законодательство и нормативные акты	80
3. Лицензирование деятельности по обращению с ОЯТ и радиоактивными отходами	81
4. Регулирующие органы	81
5. Практика и планы по обращению с ОЯТ и РАО	82
6. Обращение с неядерными РАО (в т.ч. ОЗРИ)	84
7. Статус проекта ПЗРО	84
ФРАНЦИЯ	85
1. Обзор принципов организации ядерного сектора Франции	85
2. Национальный оператор по обращению с РАО во Франции	88
3. Политика регулятора ASN	90
4. Национальный план по обращению с радиоактивными материалами и отходами	90

5. Политика обращения с радиоактивными отходами	91
6. Политика обращения с радиоактивными отходами	92
7. Радиоактивные отходы и материалы: улучшение существующих режимов управления 93	
Низкоактивные и среднеактивные короткоживущие отходы.....	93
Низкоактивные долгоживущие отходы.....	93
Обратимое захоронение РАО в глубоких геологических формациях (ПГЗРО)	94
8. Обеспечение финансирования затрат на обращение с радиоактивными отходами и отработавшим топливом	96
9. Пункты захоронения радиоактивных отходов ANDRA: последние изменения	97
10. Барометр IRSN* 2022: отношение французов к радиоактивным отходам	100
ЧЕШСКАЯ РЕСПУБЛИКА	101
1. Ядерная энергетика Чехии	101
2. Энергетическая политика и законодательное регулирование	101
3. Общее энергетическое законодательство и законодательство в области обращения с РАО 102	
4. Регулирующий орган (органы)	102
5. Обращение с радиоактивными отходами	103
ПЗРО Рышард	104
ПЗРО Братрстви.....	105
ПЗРО Дукованы	106
6. Международное сотрудничество и инициативы	106
7. Информирование и взаимодействие с заинтересованными сторонами.....	106
8. Будущее развитие атомной энергетики	107
ШВЕЙЦАРИЯ	108
1. Обзор атомной энергетики Швейцарии.....	108
2. Классификация и реестр РАО	109
3. Субъекты, ответственные за обращение с РАО	110
4. Регулирующие органы в сфере обращения с РАО.....	110
5. Пункты хранения ОЯТ в Швейцарии	112
6. Пункты хранения РАО в Швейцарии	112
7. Проект пункта глубинного захоронения РАО в Швейцарии	113
Выбор площадки для пункта глубинного захоронения РАО	114
ЮЖНАЯ КОРЕЯ	116
1. Историческая справка	118
2. Законодательное регулирование	119
3. Регулирующие организации.....	120
4. Классификация РАО.....	121

5. Национальное агентство по обращению с РАО KORAD	122
6. Существующие пункты захоронения	122
7. Ответственность за ядерную безопасность	124
ЯПОНИЯ	126
1. История развития отрасли ядерной энергетики в Японии	127
2. Законодательная система Японии в области мирного использования атома и обращения с ОЯТ и РАО	128
Главные изменения в отраслевом законодательстве за последние пять лет в отношении обращения с ОЯТ и РАО (данные по состоянию на конец 2020 года).....	128
Введение в действие закона «О переработке ОЯТ»	129
3. Безопасность обращения с РАО и ОЯТ	130
4. Ядерное регулирование обращения с радиоактивными отходами.....	130
5. Классификация и реестр РАО в Японии.....	130
6. Инвентаризация радиоактивных отходов в стране.....	131
7. Практики обращения с ОЯТ и РАО. Объекты по обращению с радиоактивными отходами	131
8. Работа с общественностью в Японии	133
ПРОЕКТ МЕЖДУНАРОДНОГО ПЗРО	135
1. Предпосылки зарождения инициативы создания многонациональных пунктов захоронения РАО	135
2. Международные хранилища – история появления международного подхода к захоронению РАО	136
3. Современные инициативы многонациональных пунктов захоронения ОЯТ и РАО	137
3.1. Проект МНПЗРО в Южной Австралии.....	137
3.2. ARIUS.....	138
4. Финансовая модель многонационального пункта захоронения РАО.	138
5. Международно-правовые обязательства и последствия создания многонационального пункта захоронения РАО.....	139
5.1. Соглашения о сотрудничестве в ядерной области.....	140
6. Заключение и рекомендации.....	140

БЕЛЬГИЯ

Стратегия обращения с ОЯТ

С 1993 г. действует мораторий на переработку ОЯТ, официальная политика обращения с ОЯТ до сих пор не утверждена (согласно текущим планам, ОЯТ подлежит прямому захоронению без предварительной переработки).

Организационные аспекты

Орган государственного управления в области обращения с ОЯТ и РАО	ONDRAF/NIRAS — Бельгийское агентство по обращению с РАО и делящимися материалами в ведении Министерства экономики, малого и среднего предпринимательства и энергетики (www.ondraf.be , www.economie.fgov.be)
Организация, ответственная за реализацию проекта по захоронению РАО (разработка проекта, НИОКР, лицензирование, строительство, эксплуатация)	

Основные регулирующие органы

Орган государственного регулирования безопасности в области атомной энергии	FANC — Федеральное агентство по ядерному контролю (www.fanc.fgov.be)
Орган государственного регулирования в области охраны окружающей среды	Федеральная государственная служба здравоохранения, безопасности производства и сбыта продовольственной продукции и защиты окружающей среды www.health.belgium.be

1. История зарождения и главные мощности атомной отрасли Бельгии

Развитие ядерной энергетики в Бельгии началось после окончания Второй мировой войны. Бельгия лидировала в сфере развития технологий «мирного атома» в начале 1960-х годов. В течение ряда лет ядерная промышленность Бельгии охватывала уже практически все виды деятельности в рамках ядерного топливного цикла.

Бельгийский центр ядерных исследований (SCK CEN)¹ был создан в 1952 году. SCK CEN является координатором Бельгийской программы поддержки МАГАТЭ в области гарантий. Он также выполняет большинство задач Программы поддержки, связанных с разработкой подходов к обеспечению гарантий для геологических хранилищ и системы, управляемой ускорителем MYRRHA.

Первая коммерческая атомная электростанция страны была введена в эксплуатацию в 1974 году: АЭС Дул (Doel) - на севере Бельгии во Фландрии, годом позднее была запущена АЭС Тианж (Tihange) - на юге Бельгии, в Валонии. За последние пять десятилетий семь реакторов страны обеспечивают выработку почти половины электроэнергии Бельгии², вырабатывая в совокупности 5 942 МВт.

Политика Бельгии в последние годы шла по пути полного отказа от использования ядерной энергии в соответствии с законом 2003 года³. К 2025 году планировалось вывести из эксплуатации все действующие реакторы. Однако в марте 2022 года на фоне возможного энергетического кризиса и нестабильной геополитической ситуации в Европе,

¹ Официальный вебсайт SCK CEN, URL: <https://www.sckcen.be/en/about-sck-cen>.

² Ядерная энергетика Бельгии (по состоянию на март 2022 года), Всемирная ядерная организация, URL: <https://world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-a-f/belgium.aspx>.

³ Закон о поэтапном отказе от ядерной энергии для промышленного производства электроэнергии от 31 января 2003 года, URL: https://etaamb.openjustice.be/fr/loi-du-31-janvier-2003_n2003011096.html.

Правительство Бельгии согласилось продлить срок службы реакторов Дул-4 и Тианж-3 ещё на 10 лет, до 2035 года⁴.

АЭС	Реактор	Тип реактора	Мощность (МВт)	Ввод в эксплуатацию (год)	Вывод из эксплуатации (год)
Моль	БР-3	PWR	10	1962	1987
Дуль	Дул-1	PWR	445	1974	2025
	Дул-2	PWR	445	1975	2025
	Дул-3	PWR	1006	1982	2022
	Дул-4	PWR	1038	1985	2035
Тианж	Тианж-1	PWR	962	1975	2025
	Тианж-2	PWR	1008	1982	2023
	Тианж-3	PWR	1038	1985	2035

Таб.1. Атомные электростанции Бельгии.

2. Законодательное регулирование вопросов безопасности обращения с ОЯТ и РАО в Бельгии.

Обращение с отработавшим ядерным топливом и радиоактивными отходами в Бельгии отвечает требованиям международных и европейских конвенций, договоров и протоколов, подписанных Бельгией, а также требованиям европейских директив, правил и решений; рекомендованным на международном уровне принципам и стандартам.

Нормативное регулирование безопасности обращения с ОЯТ и РАО можно визуально разделить на три основных направления: безопасность и радиационная защита, обращение с ОЯТ и РАО и лицензирование вышеуказанной деятельности.

Таб.2. НПА о защите населения окружающей среды от опасностей ионизирующего излучения.

НПА	Содержание
«Закон FANC» - Закон о защите населения и окружающей среды от опасностей, связанных с ионизирующим излучением, и о Федеральном агентстве по ядерному контролю от 15 апреля 1994 года	• учреждает Федеральное агентство по ядерному контролю (FANC); • определяет задачи и основные функции FANC;
Королевский указ от 20 июля 2001 года, касающийся общих правил защиты населения, работников и окружающей среды от опасностей, связанных с ионизирующим излучением.	• устанавливает систему лицензирования для обращения с РАО класса I, установок для кондиционирования и хранения РАО; • устанавливает основные стандарты, касающиеся защиты от воздействия ионизирующего излучения; • содержит различные статьи, касающиеся РАО; • предоставляет операторам возможность запрашивать разрешение у FANC на сброс,

⁴«Бельгия отложила отказ от АЭС на 10 лет», РБК, 19 марта 2022, URL: <https://www.rbc.ru/politics/19/03/2022/6234f8f09a79470a68662796>.

	удаление, переработку или повторное использование ЖРО и ТРО; описывает концепцию использования природных радиоактивных материалов (NORM);
Королевский указ от 24 марта 2009 года	регулирует импорт, транзит и экспорт радиоактивных материалов;
Королевский указ от 30 ноября 2011 года («SRNI-2011») о требованиях безопасности для ядерных установок.	указ включает правила безопасности управления и эксплуатации для различных ядерных установок, включая АЭС и объекты по обращению с отходами и их удалению;
Королевский указ от 17 октября 2003 года об утверждении плана действий в ядерной и радиационной чрезвычайных ситуациях на территории Бельгии.	- закрепляет положения о действиях в случае ядерного или радиологического кризиса; - планирование и ввод ЧС относит к компетенции Федерального министра внутренних дел и его административных служб (Федеральная государственная служба внутренних дел (FOD), Главное управление гражданской безопасности и Главное управление Кризисного центра);

Таб.3. НПА об обращении с РАО и ОЯТ.

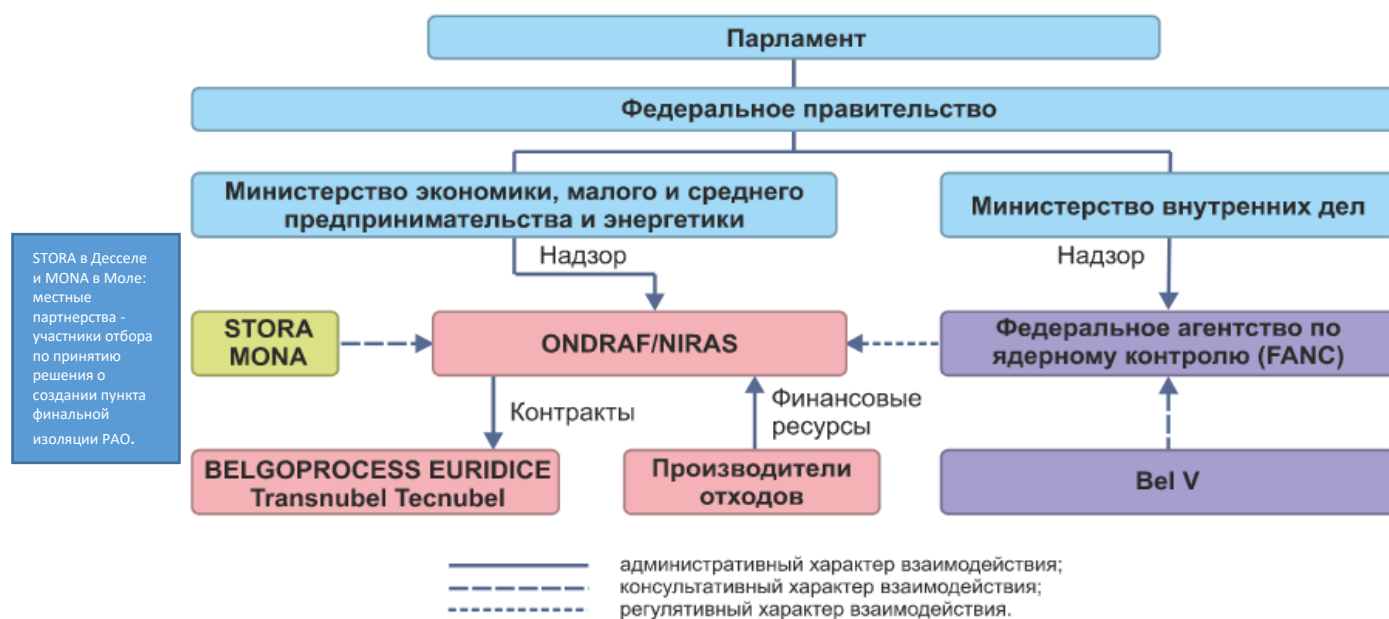
НПА	Содержание
«Закон ONDRAF/NIRAS» - Закон от 8 августа 1980 года (статья 179) о бюджетных предложениях на 1979-1980 годы с поправками.	- создаёт ONDRAF/NIRAS; - обозначает задачи и функции ONDRAF/NIRAS (в частности, инвентаризация и обращение с РАО, включая непереработанное ОЯТ, объявленное отходами, и деятельность, связанную с выводом из эксплуатации); - признает необходимость социальной интеграции объекта захоронения на местном уровне и позволяет ONDRAF/NIRAS создать среднесрочный фонд для покрытия общественных расходов на интеграцию; - предусматривает, что национальная политика в области обращения с ОЯТ и РАО должны быть созданы и поддерживаться Королевским указом, обсуждаться в Совете министров, по предложению ONDRAF/NIRAS и после заключения FANC;
«Королевский указ ONDRAF/NIRAS» от 30 марта 1981 года	- определяет задачи и устанавливает правила функционирования государственного органа по обращению с ОЯТ и РАО; - реализует Закон ONDRAF/NIRAS;
Письмо Министерства от 10 февраля 1999 года	содержит общие правила установления критериев приемлемости ONDRAF/NIRAS

	для кондиционированных и некондиционированных отходов;
Королевский указ от 18 ноября 2002 года	• регулирует квалификацию ONDRAF/NIRAS объектов для хранения, обработки и кондиционирования РАО; • затрагивает аспекты объектов и оборудования (включая методы) для радиологической характеристики РАО;
Решение Совета Министров от 23 июня 2006 года	• постановляет, что долгосрочным методом обращения с отходами категории А будет поверхностное захоронение на территории муниципалитета Дессель

3. Структура взаимодействия органов и организаций в области обращения с ОЯТ и РАО.

Политика, связанная с ядерным сектором, ядерным топливным циклом, ядерными исследованиями, разработками как в области ядерного синтеза, так и в области расщепления атома, входит в сферу ответственности не только федеральных органов власти Бельгии и национальной экономики, но также малого и среднего предпринимательства, самозанятых и энергетики в целом⁵.

Таб.4. Организационная структура ядерного сектора



ONDRAF/NIRAS является единственным государственным органом, назначенным для обеспечения долгосрочного обращения с отработавшим ядерным топливом и радиоактивными отходами. На ONDRAF/NIRAS под наблюдением министра энергетики и министра экономики по закону возложена ответственность за безопасную транспортировку, обращение, кондиционирование, хранение и финальную изоляцию всех радиоактивных отходов, производимых в стране. Кроме того, Агентство несёт определенные обязательства в области вывода ядерных установок из эксплуатации и следит

⁵ «Текущая организационная структура ядерного сектора в Бельгии», Профили ядерной энергетики стран, МАГАТЭ (IAEA, Belgium, Country Nuclear Power Profiles, 2.2.1. Current Organizational Structure), URL: <https://cnpp.iaea.org/countryprofiles/Belgium/Belgium.htm>.

за тем, чтобы владельцы отходов и операторы РАО создавали необходимые условия (фонды) для финансирования будущей программы демонтажа ядерных установок.

ONDRAF/NIRAS работает по себестоимости и взимает плату с тех, кто пользуется их услугами — производителей радиоактивных отходов, не больше и не меньше сумм, необходимых для обеспечения безопасного обращения с РАО, в соответствии с принципом «загрязнитель платит»⁶.

Кроме того, Агентство должно собирать и оценивать информацию, касающуюся программ по выводу из эксплуатации ядерных установок, утверждать эти программы и осуществлять их по требованию третьих сторон или в случае отказа оператора. В целях стандартизации плана вывода ядерных установок из эксплуатации ONDRAF/NIRAS выпустили рекомендации по разработке таких планов в соответствии со стандартами безопасности МАГАТЭ. ONDRAF/NIRAS отвечает за составление перечня всех ядерных установок и всех объектов, содержащих радиоактивные вещества в стране, включая проверку наличия достаточных финансовых средств для выполнения программ вывода из эксплуатации и рекультивации площадок объектов.

ONDRAF/NIRAS также несет на себе главную ответственность за исследования и разработки в области обращения с радиоактивными отходами и их захоронения.

Законодательно на FANC и ONDRAF/NIRAS возложена юридическая миссия - защита населения и окружающей среды от опасностей ионизирующего излучения, в частности, в результате присутствия радиоактивных веществ и радиоактивных отходов. FANC является Органом по безопасности, который устанавливает условия эксплуатации в лицензиях. ONDRAF/NIRAS как агентство по обращению с отходами квалифицирует объекты по хранению и переработке отходов только с точки зрения качества отходов и их характеристик с учетом их безопасного долгосрочного обращения.

4. Политика и практика обращения с радиоактивными отходами в Бельгии.

В Бельгии выделяют несколько типов РАО, информация о которых, а также о методах обращения и прогнозах, представлена в следующей таблице:

Таб.5: Типы радиоактивных отходов, способы обращения и прогноз

Тип отходов	Метод обращения. Пункт хранения / изоляции	Политика долгосрочного обращения	Финансовые гарантии	Перспектива обращения с отходами
Отработавшее ядерное топливо	Мокрое или сухое хранение ОЯТ от деятельности АЭС (Belgoprocess)/ переработка ОЯТ исследовательских реакторов	Долгосрочная политика управления такими отходами еще не выработана: это может быть захоронение после прохождения переработки или захоронение без этапа переработки	Операторы АЭС делают отчисления в фонд под управлением SYNATOM. Существует ряд государственных фондов, поддерживающих систему обращения с ОЯТ исследовательских реакторов	Проект геологического захоронения еще не утвержден политическим решением. Необходимо утвердить проекты временного хранилища и пункта окончательного захоронения

⁶ Миссия ONDRAF/NIRAS, Официальный вебсайт ONDRAF/NIRAS, URL: <https://www.ondraf.be/notre-mission-et-d%C3%A9claration-strat%C3%A9gique>.

Отходы ядерного топливного цикла	Централизованное хранение на площадке Belgoprocess всех короткоживущих НСАО, долгоживущих НСАО и ВАО, переданных в ONDRAF/NIRAS	Короткоживущие НСАО – ППЗРО. Долгоживущие НСАО и ВАО - политика еще не определена	Производитель делает взносы в долгосрочный фонд ONDRAF/NIRAS. Также существует ряд государственных фондов для поддержки исполнения обязательств по историческим отходам	ППЗРО для короткоживущих НСАО в Десселе, включая пункт финальной изоляции и установки для упаковки и кондиционирования отходов. (Правительственное решение принято в 2006 г., заявка на получение лицензии подана в 2013 г.) Существует хранилище некондиционированных ASR отходов на Belgoprocess. Проект геологического захоронения еще не утвержден политическим решением. Необходимо утвердить проекты временного хранилища и пункта окончательного захоронения
Отходы исследовательских (не энергетических) реакторов	Централизованное хранилище на площадке Belgoprocess долго- и короткоживущих НСАО и ВАО, переданных в ONDRAF/NIRAS. Хранилище радийсодержащих отходов на Umicore/Olen	Короткоживущие НСАО – ППЗРО. Долгоживущие НСАО и ВАО - политика еще не определена. Радийсодержащие отходы - политика еще не определена.	Производитель делает взносы в долгосрочный фонд ONDRAF/NIRAS, фонд поддержки. Радийсодержащие отходы – обращение оплачивает производитель	То же
Переработка ряда отходов	Отходы от работы исследовательского реактора BR3, отходы перерабатывающего завода Eurochemic, отходы SCK CEN; отходы завод по производству	Подобные отходы находятся в зоне ответственности оператора. План по переработке отходов силами ONDRAF/NIRAS находится на утверждении.	Операторы АЭС делают отчисления в фонд под управлением SYNATOM. Также существует ряд государственных фондов для поддержки исполнения обязательств по историческим отходам.	То же

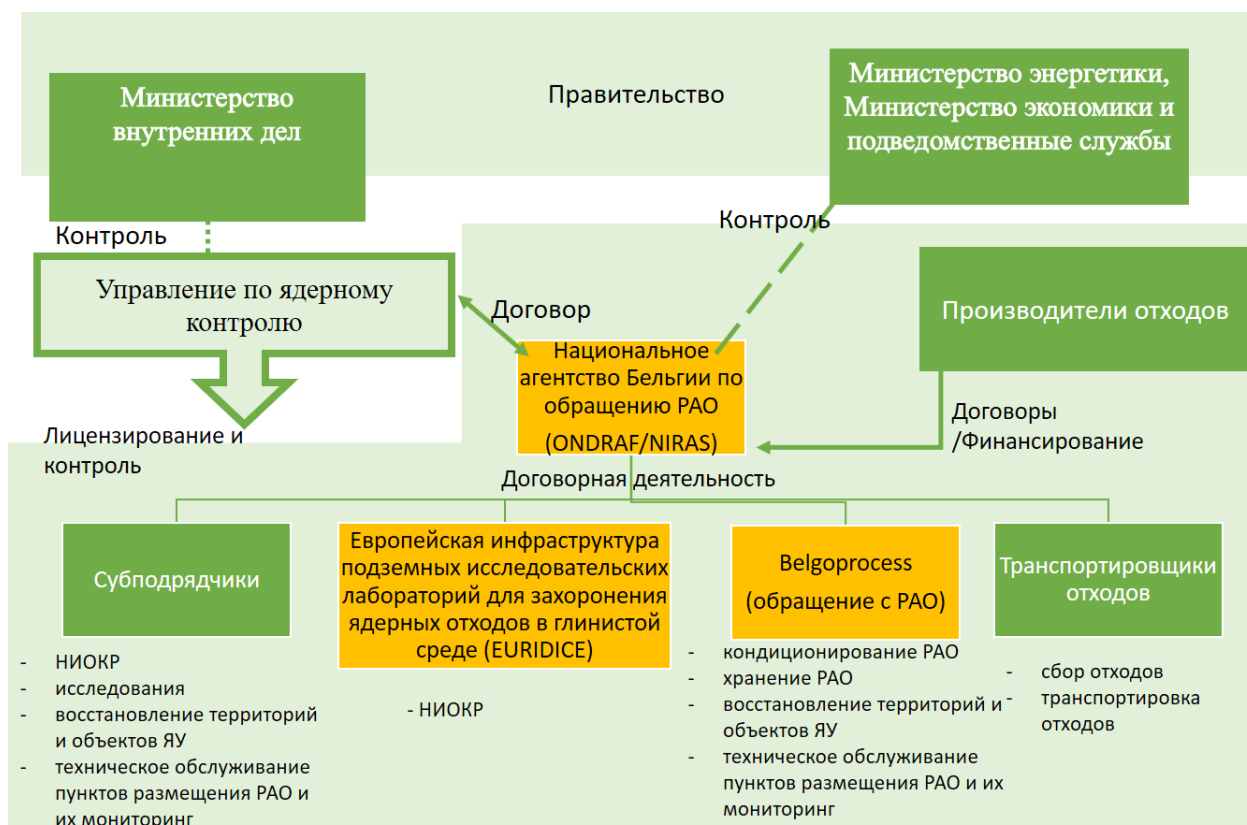
	топлива FBFC UO ₂ , отходы производства радиоэлементов ex- «Best Medical Belgium»	Короткоживущие НСАО – ППЗРО. Долгоживущие НСАО - политика еще не определена.	Направление финансирования в фонды, находящиеся в ведении ONDRAF/NIRAS, при условии, когда отходы передаются для обращения в ONDRAF/NIRAS.	
Использованные изолированные источники	Метод – возврат поставщику, хранение или передача в ONDRAF/NIRAS	Выполнение директивы ЕС, восстановление ЗИИИ неустановленного происхождения	В качестве меры по предотвращению невозврата использованных ЗИИИ производителю он должен установить финансовые гарантии в отношении контрактных обязательств партнера	То же

Обращение с РАО

В 2015 году Национальный программный комитет разработал Национальную программу по обращению с отработавшим топливом и радиоактивными отходами в соответствии с Законом от 3 июня 2014 года.

30 июня 2016 г. был утвержден министерский указ, устанавливающий первую Национальную программу по обращению с ОЯТ и РАО. Этот инструмент служит стратегическим ориентиром для краткосрочного, среднесрочного и долгосрочного обращения с радиоактивными отходами и отработавшим топливом в Бельгии.

Таб.6: Упрощенная схема системы обращения с радиоактивными отходами в Бельгии



Радиоактивные отходы, образующиеся в ходе обычной эксплуатации ядерных установок в Бельгии, обрабатываются и кондиционируются на месте оператором соответствующей установки или компанией ONDRAF/NIRAS на объектах центральной переработки, хранения и кондиционирования, расположенных большей частью в Десселе и управляемых Belgoprocess – ее вспомогательной производственной дочерней компанией. Belgoprocess отвечает за безопасную переработку РАО, сгенерированных в Бельгии, которые не могут быть переработаны производителем, и за хранение этих отходов до этапа финальной изоляции. Иностранные отходы также могут перерабатываться на установках Belgoprocess, но после такие отходы должны возвращаться в страну происхождения.

Бельгия и Люксембург подписали двустороннее соглашение об обращении с радиоактивными отходами Люксембурга и их финальной изоляции в Бельгии. Это двустороннее соглашение было ратифицировано Люксембургом в 2018 году и Бельгией в 2019 году.

Хранение низкоактивных отходов на АЭС Дуль

Площадка №150 была введена в эксплуатацию в 1986 г. после того, как Бельгия присоединилась к международному мораторию на изоляцию кондиционированных НАО отходов в море. Резервуар емкостью 1 929 м³ отходов на конец 2020 г. содержал 1 922 м³ кондиционированных отходов, или 3 330 упаковок/контейнеров.

Блок 151 был сдан в эксплуатацию в 1988 году. На конец 2020 года в блоке 151 было размещено 15 002 м³ кондиционированных отходов, или 37 032 упаковки. В 2018 году было утверждено расширение строения 151 (модуль 151Е), вместимостью примерно 5 000 бочек по 400л в пирамидальном штабеле. Здание было сдано в эксплуатацию в конце 2020 года.

Хранение радиоактивных отходов на площадке Belgoprocess

Корпус 127 был сдан в эксплуатацию в 1978 г. На конец 2020 г. там было размещено 3 901 м³ кондиционированных отходов (CAO), или 15 963 упаковки.

ONDRAF/NIRAS планирует построить новое хранилище, соответствующее самым высоким стандартам безопасности при обращении с РАО, которое заменит собой корпус 127 на площадке BP1. Разработка концепции и старт фундаментальных исследований планируется на 2022 г. Начало строительства ожидается в 2025 году.

Корпус 155 представляет собой специальное хранилище, предназначенное для НАО, содержащих радий и плутоний, прошедших стадии обработки и кондиционирования. Введенный в эксплуатацию в 2005 году, он состоит из двух отдельных складских помещений: одного для хранения отходов, содержащих радий, и другого для отходов, содержащих плутоний. На конец 2020 г. в корпусе 155 размещалось 4 079 м³ кондиционированных отходов, или 9 366 упаковок.

Корпус 129 был сдан в эксплуатацию в 1985 г. На конец 2020 г. на этой площадке хранилось 390 контейнеров (70,20 м³) с остеклованными ВАО, 468 контейнеров (83,16 м³) с прессованными CAO (от корпусов и концевой арматуры), возвращенных из Франции, а также 123 бочки (68,90 м³) с отходами из Даунрея. Это соответствует 222,26 м³ кондиционированных отходов, или 2 335 упаковкам.

Финальная изоляция отходов категории А

В 2012 г. ONDRAF/NIRAS подала запрос на получение лицензии на создание пункта поверхностного захоронения короткоживущих НАО и CAO («Категория А») в муниципалитете Дессель в Управление по ядерной безопасности FANC/AFCN в соответствии с условиями, изложенными в решении федерального правительства от 23 июня 2006 г.

Проект по захоронению отходов интегрирован в более широкий проект, который предоставляет дополнительные выгоды региону. С этой целью два местных партнерства — STORA в Десселе и MONA в Моле - участвовали во каждом из этапов отбора в ходе принятия решения по разработке проекта пункта финальной изоляции РАО.

Процесс получения лицензии был продолжен в 2020 г. Как только лицензия будет выдана, хранилище может быть введено в эксплуатацию через четыре года, операции по захоронению РАО и закрытию ПЗРО продлятся около 100 лет.



Проект хранилища для отходов Категории А

Долгосрочное обращение с отходами категорий В и С

Обширная программа исследований и разработок по оценке использования глинистых образований в качестве потенциальной вмещающей породы для финальной изоляции долгоживущих НАО и САО («Категория В») и ВАО, короткоживущих или долгоживущих («Категория С») была начата в 1974 г. До сих пор не принято никакого решения по национальной политике, касающейся долгосрочного обращения с этими категориями отходов.

В этом контексте ONDRAF/NIRAS выступила с инициативой создать единый План по долгосрочному обращению с ВАО и/или с долгоживущими радиоактивными отходами, учитывающий все необходимые элементы, чтобы Правительство, имея целостную фактическую картину, смогло принять принципиальное решение относительно долгосрочного обращения с отходами категории В и С. План захоронения отходов сопровождается проведением Стратегической Экологической Оценки альтернативных вариантов долгосрочного управления захоронением в слое глинистой вмещающей породы. Эта оценка охватывает не только воздействие на окружающую среду, но также научно-технические основы различных методов, экономические аспекты, а также сопутствующие этические и социальные соображения.

Окончательный план по финальной изоляции РАО, составленный с учетом результатов общественных слушаний и всех необходимых сопроводительных документов, был принят Советом директоров ONDRAF/NIRAS 23 сентября 2011 г. Кроме того, ONDRAF/NIRAS взяла на себя следующие обязательства:

- обеспечение обратимости захоронений в ПЗРО и изучение таких мер, которые могут способствовать потенциальной естественной рекуперации отходов после полного или частичного закрытия ПЗРО;
- поддержание функций контроля за надлежащей работой системы захоронения, которые будут дополнять регулирующий контроль;
- подготовка максимально эффективной и действенной системы передачи знаний, связанных с объектом захоронения и содержащимися в нем отходами, будущим поколениям.

В настоящее время проект национальной политики и программы по долгосрочному обращению с отходами категорий В и С, вместе с прилагаемым отчетом о воздействии на

окружающую среду (ОВОС), проходит юридическую процедуру, которая требует консультаций с несколькими официальными органами в дополнение к консультациям с общественностью. Общественные консультации были организованы с 15 апреля по 13 июня 2020 года.

Каким бы ни был способ долгосрочного обращения с отходами категорий В и С, процесс реализации выбранного технического решения неизбежно будет длительным, поэтапным и открытым, что, по всей вероятности, может занять до нескольких десятилетий, прежде чем выбранная методика начнет приносить свои плоды. С научной и технической точки зрения строительство геологического хранилища займет 10–15 лет после выдачи лицензии. Вероятно, с начала строительства хранилища до его полного закрытия пройдет около столетия.

SCK CEN запустила программу исследований и разработок по разделению и переработке ВАО с помощью системы ускорителя, разработанной компанией MYRRHA в европейских условиях. Цель состоит в том, чтобы проанализировать осуществимость такой технологии с технической, экономической и промышленной точек зрения в рамках стратегии Европейского союза. MYRRHA может предоставить возможность оптимизации геологического захоронения путем превращения долгоживущих радиоактивных веществ в менее токсичные, короткоживущие радиоактивные вещества. MYRRHA признана передовой исследовательской инфраструктурой Европы.

ВЕЛИКОБРИТАНИЯ

Стратегия обращения с ОЯТ	Переработка ОЯТ до 2018 года, с переходом к 2045 году на сухое хранение ОЯТ с последующим захоронением в пункте геологического захоронения (с 2080 г.)	
Реестр РАО		
Категория РАО	Объем накопления отходов, м ³ (на 1 апреля 2019 г.)	Прогнозируемые объемы накопления, м ³ (в абсолютном значении, бессрочно)
BAO (HVV)	2 150	1 310
CAO	102 000	247 000
HAO	27 400	1 480
ОНАО	1 040	2 830

Реестр ОЯТ		
Объект	На реакторной установке (в тоннах материала)	В хранилище, вне зоны реактора (в тоннах материала)
АЭС Magnox	149	625
Усовершенствованные газоохлаждаемые реакторы	1 500	2 200
Водо-водяные реакторы	~90	~530
Различные типы реакторов	~21	3
Другое	-	1

Организации в сфере обращения с РАО

Орган государственного управления в области обращения с ОЯТ и РАО	DECC — Министерство энергетики и проблем изменения климата во главе с Управлением по ядерному развитию (www.decc.gov.uk)
Организация, ответственная за реализацию проекта по захоронению РАО (разработка проекта, НИОКР, лицензирование, строительство, эксплуатация)	RWMD NDA — Управление по обращению с РАО, находящееся в ведении Управления по выводу из эксплуатации ядерных объектов, подчиненного Министерству энергетики и проблем изменения климата (www.nda.gov.uk)
	BGS — Геологическая служба Великобритании (НИОКР) (www.bgs.ac.uk)
Орган государственного регулирования безопасности в области атомной энергии	ONR — Управление по ядерному регулированию (www.onr.org.uk)
Орган государственного регулирования в области охраны окружающей среды	EA — Агентство по охране окружающей среды (www.environmentagency.gov.uk)
	SEPA — Агентство по охране окружающей среды Шотландии (www.sepa.org.uk) (в Северной Ирландии нет ядерных установок)
	NRW — Агентство по охране природных ресурсов Уэльса (www.naturalresources.wales)

1. Статус и перспективы развития отрасли атомной энергетики в Великобритании

Первой страной, учредившей государственную программу в сфере мирного использования атомной энергии, стала Великобритания, открыв в 1956 году АЭС Колдер Холл. Мощности АЭС были впервые подключены к сетям электроснабжения гражданской инфраструктуры. Сегодня 15% электроэнергии в стране вырабатывается на АЭС, и ее мощность в среднем равна 7 ГВт. Согласно утвержденному государственному плану, к концу нынешнего десятилетия большая часть существующих на сегодняшний день

атомных реакторов должны быть выведены из эксплуатации. В то же время в Великобритании строится первая АЭС нового поколения в своём классе. К 2050-му году Правительство Великобритании планирует увеличить долю атомной электроэнергии до 25% в энергосистеме страны.

Все действующие на данный момент АЭС в стране принадлежат и эксплуатируются EDF Energy, дочерней для французской EDF. Большинство реакторов на АЭС британского производства, это реакторы второго поколения с газовым охлаждением (Advanced gas-cooled reactor, AGR), но на данном этапе эти реакторы работают уже на значительно меньших мощностях, чем на более ранних этапах работы или чем предусматривает проект такого реактора.

Таб.1. Действующие атомные электростанции Великобритании (по состоянию на июнь 2022 года)

АЭС	Реактор	Тип реактора	Мощность (МВт)	Ввод в эксплуатацию (год)	Вывод из эксплуатации (год)
Хартлпул	Хартлпул А1	AGR	590	1983	2024
	Хартлпул А1	AGR	595	1984	2024
Хейшем	Хейшем А1	AGR	485	1983	2024
	Хейшем А2	AGR	575	1984	2024
	Хейшем В1	AGR	620	1988	2028
	Хейшем В2	AGR	620	1988	2028
Хинклей	Хинклей В1	AGR	485	1976	2022
	Хинклей В2	AGR	480	1976	2022
Сайзвел	Сайзвел В	PWR	1198	1995	2035
Торнесс	Торнесс 1	AGR	595	1988	2028
	Торнесс 2	AGR	605	1989	2028

В 2022 году Правительство Великобритании объявило о необходимости значительного ускорения развития и обновления отечественной энергетики, с целью обеспечения долгосрочной энергетической независимости и безопасности. Эта стратегия предполагает увеличение энергетических мощностей страны до 24 ГВт к 2050 году.

Критерии определения и классификации радиоактивных отходов

Радиоактивные отходы определены в законе EPR16 (для Англии и Уэльса), в EASR18 (для Шотландии) и в RSA93 (для Северной Ирландии). Определения, представленные в этих законодательных актах, можно использовать для определения радиоактивных отходов как вещества, изделия или объекта, которые являются отходами, т.е. они не подлежат дальнейшему использованию и будут утилизироваться, и которые содержат уровни радионуклидов, превышающие конкретные пороговые уровни, определенные законодательством.

Категориями радиоактивных отходов, используемыми в Соединенном Королевстве, являются очень низкоактивные РАО, низкоактивные РАО, радиоактивные отходы среднего уровня активности и радиоактивные отходы высокого уровня активности.

Отработавшее топливо и некоторые ядерные материалы (обедненный плутоний и уран) в настоящее время не классифицируются как отходы. Если в будущем будет принято решение об отказе от дальнейшего использования этих материалов, они будут объявлены радиоактивными отходами, и с ними будут обращаться как с радиоактивными отходами. Геологическое захоронение этих материалов было бы возможным, в случае если «Radioactive Waste Management Ltd.» (орган, ответственный за создание ПГЗРО) сочла бы целесообразным включить определенный объем отработавшего топлива и ядерных

материалов, накопленных в Соединенном Королевстве, в свой план инвентаризации радиоактивных отходов, которые могут быть захоронены в пункте геологического захоронения.

2. Политика и стратегии обращения с радиоактивными отходами

Основные стратегии в области обращения с РАО за последние 3 года не претерпели существенных изменений. Вместе с тем, Правительство приступило к работе по обновлению и консолидации своей политики в области вывода из эксплуатации АЭС и других ядерных объектов.

Общая политика обращения с радиоактивными отходами

Законодательно-нормативная и регулирующая система управления радиоактивными отходами является областью, которая находится сейчас в процессе разработки.

Правительство Великобритании продолжает разрабатывать дальнейшую политику и нормативно-правовую базу.

В этой связи производители и владельцы радиоактивных отходов:

- не производят незапланированного количества отходов, если не имеют надежных средств для надлежащего обращения с ними и/или их кондиционирования, хранения или финального захоронения;
- должны нейтрализовать и обезвредить отходы при первой возможности;
- дают характеристику и в соответствующих случаях сортируют отходы, чтобы обеспечить в дальнейшем оптимальное обращение с ними;
- осуществляют стратегическое планирование процессов производства и утилизации ядерных отходов, включая разработку программ по захоронению отходов, накопленных на площадках их производства, в соответствующие сроки, в том числе отходов, образующихся в результате вывода из эксплуатации резервных установок и объектов.

Производители и владельцы радиоактивных отходов в Соединенном Королевстве несут ответственность за покрытие расходов, связанных с обращением и изоляцией отходов, образующихся в результате их деятельности.

Обращение с ВАО

Законодательно-нормативная и регулирующая система в области обращения с радиоактивными отходами является нерешенным вопросом. Политика обращения с ВАО устанавливается отдельно для Англии, Уэльса и Шотландии; (в Северной Ирландии нет своей собственной политики обращения с ВАО). Соответствующая политика и стратегии описываются ниже.

Политика в отношении ВАО в Англии. Работа с общественностью

Обновленные условия долгосрочного обращения с радиоактивными отходами высокой активности определяют политику правительства Соединенного Королевства в области обращения с ВАО путём осуществления их геологического захоронения. Издан новый документ, который заменил собой Белую книгу 2014 г. – «Осуществление геологического захоронения - работа с общинами» в Англии. В декабре 2018 года правительство Соединенного Королевства начало процесс поиска площадки для создания объекта глубинного геологического пункта захоронения РАО. Речь идёт о подходе, основанном на согласии, который требует, чтобы община была морально подготовлена к таким переменам и выступала партнёром при разработке проекта. Реализация геологоразведочных работ возможна только по успешному завершению этапа подготовки общественности.

Правительство Великобритании и регулирующие органы имеют единый взгляд на то, что целью глубинного геологического захоронения отходов является их окончательное захоронение, поэтому отходы, помещенные в ПГЗРО, не предназначены для последующего

извлечения, однако признается, что потенциально отходы могут быть извлечены, в случае если для этого есть веские основания. Основываясь на прогнозируемом количестве отходов, подлежащему захоронению в ПГЗРО, RWM признает, что ПГЗРО может функционировать в качестве пункта финального захоронения примерно в течение ста лет, с одновременным увеличением мощностей по захоронению. После прекращения эксплуатации ПГЗРО будет окончательно закрыт при первой же возможности из соображений безопасности и охраны окружающей среды, а также сведения к минимуму нагрузки на будущие поколения.

Политика Великобритании в области долгосрочного обращения с ВАО признает целесообразность изучения альтернативных вариантов ПГЗРО для долгосрочного захоронения некоторого количества накопленных ВАО. Управление по выводу из эксплуатации ядерных объектов обязано рассмотреть такие альтернативные варианты.

Правительство Шотландии выступает в поддержку подобной политики по обращению с ВАО.

Управление по выводу из эксплуатации ядерных объектов (NDA) занимается изучением альтернативных вариантов обращения с ядерными отходами на границе среднего и низкого уровней радиоактивности, включая возможности для захоронения ВАО в ППЗРО. Правительство рассмотрит выводы Управления по выводу из эксплуатации ядерных объектов по завершении их работы и, согласно выводам комиссии, сформируют направление правительственной политики в области обращения с ВАО. Однако очевидно, что в любом реалистичном сценарии будущего сохраняется потребность в той или иной форме пункта глубинного геологического захоронения.

Политика в отношении РАО в Уэльсе

Политика правительства Уэльса в отношении РАО в целом совпадает с политикой правительства Соединенного Королевства. Политика заключается в принятии мер по геологическому захоронению в целях долгосрочного обращения с РАО.

Правительство Уэльса опубликовало политику «Геологическое захоронение радиоактивных отходов с высокой активностью: работа с общественностью» в 2019 г., которая требует соответствующего взаимодействия с общинами по вопросу возможного размещения ПГЗРО. В этой политике ясно говорится, что ПГЗРО может быть построен в Уэльсе только в том случае, если община готова принять его у себя.

Этот документ дополняет политику правительства Великобритании «Работа с общинами», однако существуют важные различия, такие как административные границы, делегированная система планирования и необходимость учитывать валлийский язык.

Политика в отношении ВАО в Шотландии

Правительство Шотландии не поддерживает проект ПГЗРО, но сохраняет приверженность ответственному обращению с радиоактивными отходами, производимыми в Шотландии.

В январе 2011 года Правительство Шотландии опубликовало собственную политику по долгосрочному обращению с ВАО, которая основывается на программе захоронения ВАО в ППЗРО. Эта программа исключает захоронение отходов уровня ВАО, т.к. подобные отходы не производятся в Шотландии, а ОЯТ и другие ядерные материалы, которые в настоящее время не классифицируются как отходы, перенаправляются на площадку Селлафилд.

Политика в области РАО включает в себя следующие ключевые моменты:

- долгосрочное обращение с РАО должно осуществляться на приповерхностных объектах;
- эти объекты должны быть расположены как можно ближе к месту производства отходов (принцип близости);

- разработчикам проекта ППЗРО необходимо будет продемонстрировать, каким образом будет осуществляться мониторинг объектов и как можно будет производить извлечение отходов в случае возникновения необходимости.

Политика и стратегия обращения с НАО

Политика и стратегии управления НАО в Соединенном Королевстве одинаковы для Англии, Уэльса, Шотландии и Северной Ирландии.

Политика охватывает все аспекты создания, управления и регулирования твердых НАО. Эта политика обеспечивает организационные меры высокого уровня, при которых отдельные решения по управлению НАО могут гибко применяться для обеспечения безопасности, приемлемости с экологической точки зрения и эффективности с точки зрения затрат на управление, которые должным образом соответствуют способам обращения с определенной категорией НАО.

Общая стратегия Соединенного Королевства по обращению с твердыми низкоактивными радиоактивными отходами последний раз обновлялась в 2016 году. Она была разработана Управлением по выводу из эксплуатации ядерных объектов (NDA) от имени правительства Соединенного Королевства и автономных администраций (т.е. Уэльса, Шотландии и Северной Ирландии). Стратегия пересматривается каждые пять лет, чтобы отразить существенные изменения, произошедшие со времени предыдущего пересмотра, и привести ее в соответствие поставленным целям.

Ключевой целью стратегии является непрерывное развитие и поддержание эффективной, устойчивой инфраструктуры обращения с отходами, а также ряда альтернативных маршрутов обработки и изоляции НАО. Стратегия требует, чтобы производители отходов обращались со своими отходами в соответствии с иерархией обращения с отходами и в рамках более широкой интегрированной структуры для оптимизированного обращения с отходами и использования наиболее подходящих маршрутов. Реализация стратегии привела к тому, что значительное количество НАО было перенаправлено в специализированное хранилище.

Национальная программа по обращению с низкорadioактивными отходами была создана для того, чтобы осуществить все ведущие стратегии в области обращения с НАО. LLWR Ltd. руководит этой программой от имени Управления по выводу из эксплуатации ядерных объектов (NDA) и в сотрудничестве со всеми британскими производителями НАО в целях обеспечения ее эффективной реализации посредством ряда специализированных программ и мероприятий.

Стратегия обращения с отходами природного радиоактивного материала (NORM) в Великобритании была разработана и опубликована совместно правительством Великобритании и уполномоченными администрациями в 2014 году.

Политика управления ОЯТ

В Великобритании вопрос о том, следует ли ОЯТ перерабатывать или использовать альтернативные методы обращения с ним, должен быть рассмотрен владельцем самого ресурса (решение может разниться с мнением оператора хранилища) ОЯТ при условии, что они будут соответствовать всем соответствующим законодательным и нормативным требованиям. Правительство Великобритании считает, что ОЯТ не должно классифицироваться как радиоактивные отходы до тех пор, пока остается возможным вариант его переработки и предусматривается практическое использование этого топлива в будущем. Тем не менее, правительство в настоящее время не ожидает каких-либо предложений по переработке ОЯТ новых атомных электростанций Великобритании, и поэтому ОЯТ этих электростанций со временем может быть отнесено к категории ВАО.

3. Практика обращения с ОЯТ и РАО в Великобритании

Практика обращения с ОЯТ

В Соединенном Королевстве имеется опыт по обращению с различными видами ОЯТ (реакторы Magnox, газоохлаждаемые AGR и водо-водяной PWR, реакторы атомных подводных лодок, исследовательские реакторы и объекты по переработке и производству топлива в Дунрее).

Более 55 000 т ОЯТ из реакторов Magnox по всей Великобритании были удалены, и в октябре 2019 г. все реакторы Magnox проверены на отсутствие в них топлива. По состоянию на май 2020 г. более 99% всего ОЯТ Magnox, накопленного в течение десятилетий эксплуатации реакторов Magnox, было переработано. Любой остаток отработавшего топлива, который не будет переработан ко времени остановки перерабатывающего завода, будет безопасно и надежно храниться в Селлафилде в ожидании решения о способе подготовки и перед захоронением.

Практика обращения с РАО

В реестре радиоактивных отходов Великобритании (The UK Radioactive Waste Inventory - UKRWI) приводится подробная информация по текущей оценке объемов РАО, получаемых от предприятий атомной промышленности. Данный реестр не содержит данных об объемах радиоактивных материалов природного происхождения (РМПП или NORM). 95% от общего объема кадастра отходов в Соединенном Королевстве Великобритании составляют НАО (включая ОНАО) в объеме ~ 4,3 млн м³.

Обновленные данные инвентаризации РАО в Великобритании за 2019 г. показали, что на апрель 2019 г. объем накопленных незахороненных НАО составляет около 27 400 м³ (из которых 15 700 м³ размещены на объекте Дунрей). Большая часть НАО находится во временном хранилище в очереди на переработку/финальную изоляцию/захоронение.

Небольшая часть от общего количества накопленных в Великобритании НАО непригодна для содержания в спецхранилище для НАО или захоронения на полигоне, по причине того, что они не отвечают соответствующим критериям приемлемости на этих площадках. Такие отходы требуют разработки новых методов обработки и подготовки. В качестве крайней меры такие отходы можно будет обработать по методике работы с ВАО.

Новые образующиеся РАО должны быть сведены к минимуму там, где это практически осуществимо, путем рассмотрения более широкого круга вариантов, включая повторное использование и переработку, прежде чем приступать к сценарию финальной изоляции. Пересмотренная политика и стратегии по обращению с НАО способствовали тому, что в настоящее время производители радиоактивных отходов в Соединенном Королевстве имеют доступ к обширному спектру вариантов обработки и захоронения.

Практика обращения с РАО среднего уровня активности

САО размещаются в хранилищах до тех пор, пока не будет принято решение об их захоронении в ПГЗРО в Англии или Уэльсе или в приповерхностных пунктах в Шотландии. Сейчас ожидается, что САО будут кондиционированы до пассивно-безопасной формы для их дальнейшего хранения в кратчайшие сроки. Обязательная процедура оценки пригодности к захоронению со стороны RWM обеспечивает уверенность в том, что контейнеры отходов, содержащие кондиционированные САО, будут пригодными для геологического захоронения.

На объекте в Селлафилде находится большая часть всего накопленного объема САО, оставшаяся часть объема САО, как правило, размещается на территории площадок ядерных объектов в Великобритании. По состоянию на 1 апреля 2019 года объем САО в Соединенном Королевстве составил 102 000 м³.

Объекты по обращению с РАО. Хранилище НАО. Способы захоронения и обращения с РАО

Единственным национальным пунктом захоронения радиоактивных отходов в Соединенном Королевстве является хранилище для НАО, эксплуатируемое компанией LLWR Ltd. – Low Level radioactive Waste Repository Ltd. Отходы в этом хранилище размещаются в ISO-контейнерах, которыми далее заполняются приповерхностные хранилища с бетонным укрепленным корпусом. На 1 апреля 2019 г. ISO-контейнеры занимали около 233 000 м³ площади хранилища.

Успех государственной программы по обращению с отходами низкого уровня активности (National nuclear LLW programme, NWP) стимулировал коммерческие инвестиции в решение проблемы радиоактивных отходов на территории страны, что, в свою очередь, обеспечило операторам доступ к надежной инфраструктуре обращения с РАО.

Британская стратегия в области обращения с НАО с 2016 г. реализуется через National nuclear LLW programme под руководством компании LLWR Ltd., которая объединяет производителей отходов, поставщиков услуг по переработке и захоронению отходов и регулирующие органы, что позволяет обмениваться соответствующим передовым опытом и учиться.

Оценка пригодности к захоронению: компания RWM. Заключение о соответствии требованиям, предъявляемым регулятором

Radioactive Waste Management Ltd., проектировщик ПГЗРО, признана компетентным органом для предоставления консультаций операторам ядерных площадок по контейнерной упаковке и кондиционированию ВАО в целях их последующего геологического захоронения. Такое консультирование предоставляется RWM в рамках процесса оценки пригодности той или иной партии отходов к глубинному геологическому захоронению.

Компания RWM разработала концепцию геологической системы захоронения РАО, а также т.н. GDSSC – систему безопасности геологического захоронения РАО. GDSSC содержит свод наименований необходимых спецификаций и требований, а также проект и примеры безопасного геологического захоронения РАО безотносительно конкретной площадки. Документ GDSSC приводит обоснование тому, что пункт захоронения может быть создан в подходящей геологической среде, и в нем безопасно могут быть захоронены ВАО. В GDSSC даны обоснование безопасности по каждому из этапов жизненного цикла ПГЗРО: транспортировка отходов, эксплуатация (включая размещение контейнеров с ВАО в хранилище/пункте финальной изоляции), мониторинг состояния пункта после закрытия. По мере развития концепции захоронения GDSSC периодически обновляется (его первая редакция была выпущена в 2010 г.). В ноябре 2018 г. Управление по ядерному регулированию (ONR) и Агентство по охране окружающей среды опубликовали совместную оценку регулирующих органов документа GDSSC от 2016 г.

На основе GDSSC компания RWM Ltd. разработала широкий спектр документации для оценки пригодности тех или иных РАО к глубинному геологическому захоронению. Это так называемый свод спецификаций с руководством по геологическому захоронению отходов.

Процесс оценки пригодности отходов к захоронению состоит из серии оценок техники и безопасности того или иного метода кондиционирования и упаковки ВАО. Если RWM Ltd. приходит к выводу о том, что упакованные РАО будут пригодны для захоронения в ПГЗРО, то владельцу отходов выдается заключение (Letter of Compliance, LoC) о соответствии требованиям регулятора к отходам, размещаемым в глубинном пункте геологического захоронения.

Политика шотландского правительства в отношении ВАО не предусматривает геологического захоронения. Однако регулирующими органами в регионе допускается сценарий, при котором контейнеры с кондиционированными отходами,

сертифицированными для геологического захоронения, могут лежать долгосрочному обращению на приповерхностных объектах захоронения.

Временные хранилища САО

САО, находящиеся на лицензированных ядерных площадках, большей частью размещены в специализированном временном хранилище или располагаются (как, например, графит активной зоны реактора) в еще не демонтированных конструкциях с соблюдением всех мер безопасности, в ожидании вероятного захоронения в ПГЗРО в Англии или Уэльсе. Также возможен вариант захоронения таких САО в приповерхностных сооружениях в Шотландии. Ожидается, что при сертификации соответствующих технологий, САО будут в максимально возможном объеме переводиться в пассивно-безопасное состояние.

Развитие инфраструктуры системы обращения с РАО

Правительство Великобритании одобряет строительство новых АЭС в Англии и Уэльсе, хотя в то же время эти инициативы не поддерживаются в Шотландии, где правительство стимулирует разработку возобновляемых и иных низкоуглеродных источников энергии. Политикой британского правительства в области обращения с РАО предусмотрен следующий механизм: прежде чем выдать разрешения на строительство АЭС, необходимо убедиться в том, что существуют или будут существовать эффективные способы по обращению с отходами и их захоронению.

На данный момент не планируется создания новых заводов по переработке ОЯТ, накапливающегося на давно существующих станциях, а также новых АЭС. Новая атомная электростанция, возводимая в Хинкли Пойнт С (Hinkley Point C), строится с условием, что ОЯТ, полученное в результате операционной деятельности, не будет перерабатываться, в такой же мере это условие распространяется и на единственный функционирующий водородной реактор на объекте Сайзвелл Б. На подобном основании будут реализовываться все планы в отношении финансирования обращения РАО в будущем. Правительство пришло к выводу, что захоронение прогнозируемых ВАО технически возможно осуществить в ПГЗРО, и что пункт глубинного геологического захоронения является оптимальным способом обращения с любыми РАО с новых АЭС, включая ОЯТ.

В 2018 г. постановлением Правительства Великобритании было подтверждено, что действующий документ «Реализация геологического захоронения – работа с локальными сообществами» не претерпит изменений. RWM Ltd. провела оценку пригодности к геологическому захоронению РАО, прогнозируемых как результат появления и эксплуатации новых реакторов на объектах в Англии и Уэльсе. Резюме: при наличии площадки для захоронения с необходимыми для того характеристиками данные РАО будут подлежать захоронению.

Работа с общественностью, предваряющая создание ПГЗРО

Поиск подходящего места для ПГЗРО — это процесс, занимающий достаточно продолжительное время. Правительство Великобритании и Уэльса проводят параллельную, но единую политику, направленную на поиск региона, в котором граждане были бы готовы к размещению ПГЗРО на своей территории. Правительством Великобритании, а также Уэльса была разработана социальная программа работы с муниципалитетами с целью информирования общественности и обретения доверия к проекту со стороны местных жителей.

На следующей ступени процесса в течение целого ряда лет будут идти научные изыскания с целью составления подробной характеристики выбранной площадки. В случае успешной подготовки обоснования безопасности проекта ПГЗРО и при наличии неизменного интереса местной общественности, следующим шагом становится бурение глубоких исследовательских скважин для исследования геологических условий среды, при

наличии согласования проекта по созданию ПГЗРО во всех контролирующих процесс инстанциях, а также разрешения от природоохранных организаций.

Изучение выбранной площадки в деталях может занять около 15 лет в зависимости от типов исследований, которые будет необходимо провести для составления геологической карты местности, а также обретения обоснований, что объект может быть спроектирован так, чтобы безопасно и надежно изолировать и хранить РАО. Когда у RWM Ltd. соберет достаточно информации, удостоверяющей, что проект ПГЗРО в этой локации будет успешным, а сообщество вместе с тем заявит о желании разместить этот пункт на территории своего региона, RWM Ltd. должно будет получить разрешение от регулирующих органов на строительство объекта для глубинного геологического захоронения РАО.

Перед получением разрешения регулирующих органов на размещение ПГЗРО в том или ином регионе RWM Ltd. необходимо провести проверку общественной поддержки воплощения данного проекта в жизнь в форме опроса. Таким образом для размещения ПГЗРО в том или ином регионе потребуется разрешение от регулятора, контролирующего вопросы защиты окружающей среды и от Управления по ядерному регулированию (ONR) лицензию на строительство ядерной установки.

4. Регулирование сферы обращения с РАО в Великобритании

Управление по выводу из эксплуатации ядерных объектов (Nuclear Decommissioning Authority, NDA) - это государственная организация, финансируемая Министерством бизнеса, энергетики и промышленной стратегии (BEIS). NDA несет юридическую ответственность за вывод из эксплуатации большей части промышленных АЭС в стране и за обеспечение мер по последующему безопасному обращению с РАО. NDA определяет также общую стратегию по выводу ЯУ из эксплуатации, инициирует выделение бюджетных средств, необходимых для этих нужд. NDA задает целевые показатели и контролирует ход работ по выводу из эксплуатации, но при этом не производит непосредственно самих операций по ВЭ на ядерных объектах. NDA реализует свои цели посредством шести компаний-лицензиаров ядерных объектов. Эти 6 лицензиаров несут основную ответственность за безопасность и охрану окружающей среды в соответствии с установленным законом, почему и должны демонстрировать, что на каждом операционном уровне придерживаются верной практики обращения с радиоактивными отходами в целях безопасности общества и окружающей природы.

Основными независимыми регулирующими органами в Великобритании являются Управление по ядерному регулированию (ONR) и региональные агентства охраны окружающей среды Англии, Шотландии, Уэльса и Северной Ирландии.

5. Законодательные изменения сфере обращения с РАО в Великобритании

Законодательство Соединенного Королевства в области обращения с РАО и ОЯТ претерпело некоторые изменения в результате внедрения Директивы Европейского союза «Об основных стандартах безопасности» (2013/59/ЕВРАТОМ), а также новых нормативных актов, вводимых в Шотландии. Наиболее значимые изменения:

- Акт об ионизирующем излучении от 2017 г. – IRR17 (вместе с Актом об ионизирующем излучении по Северной Ирландии от 2017 г. – IRRNI17), заменившими нормы в этой области от 1999 г.;
- в 2018 г. обновлены Нормы выдачи разрешений на загрязнение окружающей среды допустимого уровня по Англии и Уэльсу от 2016 г. – EPR16;
- в 2018 г. в Шотландии введен Регулирующий документ по условиям получения экологических разрешений – EASR18, лежащий в основу системы получения разрешений на использование радиоактивных веществ, заменяющий собой Закон о радиоактивных веществах – RSA93 от 1993 г.;

- введение Регламента по мерам радиационной безопасности (готовности к чрезвычайным ситуациям и общественной информации) 2019 г. – REPP19, заменившего собой документ № REPP12001. Регламент утверждает меры обеспечения готовности и реагирования в чрезвычайных ситуациях, связанных с радиоактивным ионизирующим излучением, наряду с Утвержденными нормами и правилами производства строительных работ – АСОР;

- введение поправок к Регламенту о ядерных реакторах (с оценкой воздействия на окружающую среду при выводе объекта из эксплуатации);

- значительный шаг вперед в реализации программы по поиску площадки для объекта финального захоронения отходов был осуществлён с помощью публикации обновленного варианта Правительственной Политики «Реализация геологического захоронения – работа с общественностью», где представлен принципиальный подход к размещению ПГЗРО в Англии, основывающийся на получении согласования общественности, реализуемый при тесном сотрудничестве с местными общинами. Правительство Уэльса также обнародовало соответствующую политику «Геологическое захоронение высокоактивных радиоактивных отходов: работа с общественностью»;

- совершенствование системы контроля регулятора на этапах вывода объектов ядерных установок из эксплуатации, восстановления площадки и рекуперации территории;

- прогресс в разработке и осуществлении комплексных мер по обращению с отходами в целях оптимизации процесса управления ими на местном и национальном уровнях.

6. Задачи Соединенного Королевства Великобритании в сфере обращения с РАО

В октябре 2019 г. в Великобритании приняла у себя полномасштабную миссию Службы комплексной оценки состояния ядерных объектов МАГАТЭ. Несмотря на выход из ЕВРАТОМа, Соединенное Королевство продолжает обмен профессиональным опытом с зарубежными коллегами.

31 января 2020 года Великобритания вышла из Европейского союза и из ЕВРАТОМа. Переходный период продлился до 31 декабря 2020 года. В течение переходного периода были реализованы меры, позволившие ядерной промышленности страны продолжить работу в соответствии с высокими стандартами безопасности и системой защиты окружающей среды. Затем страна начала переговоры с Еврокомиссией об условиях сотрудничества в области атомной энергетики. Нужно отметить, что в соответствии с Североирландским протоколом в рамках Соглашения о выходе Соединенного Королевства из Европейского союза Северная Ирландия будет продолжать применять отдельные правила Европейского союза, касающиеся стандартов и правил в отношении ядерных отходов. Деятельность в рамках Североирландского протокола не приведет к каким-либо существенным изменениям в системе обращения с ОЯТ и РАО в Соединенном Королевстве в целом, так как для реформирования системы обращения с РАО и ОЯТ стране требуется принятие соответствующего статусного документа и введение его в действие.

В декабре 2018 г. в документе «Реализация геологического захоронения – работа с общественностью» была опубликована Политика Правительства Соединенного Королевства по осуществлению геологического захоронения РАО, в документе приводится обновленная концепция долгосрочного обращения с радиоактивными отходами высокой активности. Политика по осуществлению геологического захоронения РАО заменила собой «Белую книгу» от 2014 г. В январе 2019 г. Правительство Уэльса также опубликовало соответствующую политику: «Геологическое захоронение радиоактивных отходов высокой активности: работа с общественностью».

Главнейшими задачами для Соединенного Королевства в сфере ядерной энергетики на сегодняшний день являются:

- продолжение работ по выводу из эксплуатации и рекуперации объектов высокой радиационной опасности на площадке Селлафилд;
- вывод из эксплуатации ряда остановленных АЭС Magnox;

- определение подходящей площадки для создания объекта финального захоронения отходов;
- техническое обслуживание инфраструктуры по обращению с ОЯТ и РАО;
- поддержка базы знаний и научных данных в области ядерной энергетики (в частности, для вывода объектов из эксплуатации).

ВЕНГРИЯ

Государственная стратегия по обращению с ОЯТ	Метод прямого захоронения без предварительной переработки
Уполномоченные институты в сфере обращения с РАО в Венгрии	
Орган государственного управления в области обращения с ОЯТ и РАО	Radioaktív Hulladékokat Kezelő (RHK) Kft. (English: Public Limited Company for Radioactive Waste Management, PURAM) Организация, ответственная за реализацию проекта по захоронению РАО и ОЯТ: разработку проекта, НИОКР, процесс лицензирования, строительство и эксплуатацию пунктов захоронения.
Венгерский государственный регулятор в области атомной энергетики	Országos Atomenergia Hivatal, ОАН. (Engl.: Hungarian Atomic Energy Authority, HAEA).
Magyar Tudományos Akadémia Atomenergia Kutatóintézet, KFKI AEKI – научно-исследовательский институт атомной энергии Венгерской Академии наук.	Основные направления работы: физика реакторов, термогидравлика, изучение свойств топлива, материаловедение, прикладная информатика (симуляторы, мониторинг активной зоны реактора), разработка программ защиты здоровья граждан, защита окружающей среды, ядерная электроника и химия. АЕКІ организует техническую поддержку АЭС «Пакш» и обеспечивает повышение мощности, безопасности, продлении срока службы и техническом обслуживании предприятия. Основными направлениями деятельности института являются повышение эффективности и безопасности ядерных реакторов, продление лицензий, участие в международных коллаборациях, созданных для разработки ядерных реакторов четвертого поколения.

1. Законодательство в сфере обращения с РАО

Основу Венгерского законодательства в области обращения с радиоактивными отходами составляет Закон об атомной энергии 1996 г., разработанный на базе кодексов и руководств МАГАТЭ, а также рекомендаций Европейского союза и Агентства по ядерной энергии ОЭСР (OECD NEA).

Закон провозглашает приоритет безопасности использования ядерной энергии и налагает обязательства на правительство обеспечивать контроль и надзор за безопасным использованием ядерной энергии. Правительство выполняет свои функции посредством Министерства здравоохранения, которое обладает полной организационной и финансовой независимостью⁷. Закон об атомной энергии также предусматривает необходимость назначения суверенной организации, ответственной за финальное захоронение РАО,

⁷ Шестой национальный доклад, подготовленный в рамках Объединенной конвенции о безопасности обращения с отработавшим топливом и о безопасности обращения с радиоактивными отходами, Венгрия, 2017 год, стр. 35.

временное хранение ОЯТ, вывод из эксплуатации ядерных установок. Обосновывается создание Центрального ядерного финансового фонда, предназначенного исключительно для финансирования финальной стадии ЯТЦ, окончательной изоляции РАО, временного хранения ОЯТ и вывода из эксплуатации ядерных установок. В соответствии с Законом об атомной энергии, объекты по обращению с радиоактивными отходами (например, хранилища) по определению не считаются ядерными установками, а рассматриваются как отдельная категория.

Ядерное нераспространение

С 1969 г. Венгрия является участницей Договора о нераспространении ядерного оружия (ДНЯО) как государство им не обладающее. Также Венгрия является членом Группы ядерных поставщиков, с 2004 г. – ЕВРАТОМа. Дополнительный протокол об обеспечении гарантий с МАГАТЭ вступил в силу в 2000 г.

Лицензирование

Вопросы лицензирования деятельности, связанной с обращением с ОЯТ и РАО, также регулируются Законом 1996 года.

Эксплуатация ППЗРО и комплектация оборудования, обеспечивающего его безопасность, подлежит лицензированию государственными регулирующими органами в соответствии с видами деятельности.

Право на эксплуатацию ППЗРО в Венгрии подтверждается следующими лицензиями:

- разрешение на транспортировку РАО и других загрязняющих материалов;
- разрешение на кондиционирование принимаемых РАО и эксплуатацию систем обработки отходов;
- разрешение на долгосрочное (несколько десятков лет) промежуточное хранение кондиционированных РАО, которые не могут быть захоронены на площадке текущего местонахождения;
- разрешение на захоронение кондиционированных короткоживущих НАО и САО.

Разрешительные документы предоставляются Национальной службой общественного здоровья и медицины (ÁNTSZ, Állami Népegészségügyi és Tisztiorvosi Szolgálat) и/или Национальным фондом здравоохранения (NNK, Nemzeti népegészségügyi központ), которые отвечают за инспектирование в целях проверки соблюдения требований, выдаваемых ими лицензий.

В дополнение к лицензиям, выдаваемым на основную деятельность, требуется также получение лицензий на выполнение других операций, таких как охрана, допустимые эксплуатационные сбросы радиоактивных материалов и инвестиционные проекты.

Отчет о воздействии на окружающую среду должен быть составлен до начала строительства объекта для произведения сравнительной оценки контрольных данных в последующие периоды.

2. Отрасль атомной энергетики Венгрии – факты

По решению Правительства Венгрия планирует увеличить долю атомной энергетики в энергобалансе страны до 60% к 2030 году (построить 6 000 МВт новых энергомоцностей).

В Венгрии имеются два реактора, не производящих энергию в промышленных целях: это Будапештский исследовательский реактор на территории Научно-исследовательского института атомной энергии Венгерской Академии наук и учебный ядерный реактор Института ядерных технологий Будапештского университета технологий и экономики.

В Венгрии на АЭС «Пакш» эксплуатируются 4 атомных энергоблока ВВЭР-440АЭС «Пакш» генерирует более 50% электроэнергии в стране.

Новые мощности (два энергоблока АЭС «Пакш» по 1000 – 1600 МВт каждый) планируют ввести в эксплуатацию в 2025-2030 годах. 25 августа 2022 г. Национальное управление по атомной энергии Венгрии завершило административную процедуру по

предоставлению лицензий – РОСАТОМ получил разрешение на строительство 5-го и 6-го блоков АЭС. Это разрешение выдано на срок в 10 лет.

Запуск дополнительной очереди АЭС позволит сдерживать рост цен на электроэнергию и решить проблему энергодефицита в стране. Кроме того, ввод новой мощности на существующей площадке будет стоить значительно дешевле, чем строительство АЭС «с нуля».

Проектный срок эксплуатации реакторов составляет 30 лет, и для четырех энергоблоков АЭС «Пакш» его окончание попадало на период с 2012 по 2017 гг. Технико-экономическое исследование продления срока эксплуатации реакторов на 20 лет было выполнено в 2000 г. и скорректировано в 2005 г. В ноябре 2005 г. Парламент Венгрии подавляющим большинством голосов поддержал проект по продлению срока эксплуатации атомных энергоблоков АЭС «Пакш» еще на 20 лет. Венгерский надзорный орган (НАЕА) одобрил представленную в ноябре 2008 г. программу продления срока эксплуатации реакторов, а в декабре 2012 г. также одобрил лицензию на продление срока эксплуатации на 20 лет для энергоблока «Пакш-1».

Все поставки ядерного топлива для АЭС «Пакш» осуществляются по контрактам с АО «ТВЭЛ».

В 1990х годах были изучены возможности хранения, переработки и захоронения ОЯТ АЭС «Пакш» на территории Венгрии. Правительство страны одобрило решение о создании временного хранилища ОЯТ, и в сентябре 1992 г. с компанией Alsthom (Великобритания) был заключен договор на строительство сухого модульного хранилища ОЯТ. Модульный проект обеспечивал преимущество увеличения площади для хранения ОЯТ по мере необходимости. Здание приемки ОЯТ и первые три модуля хранилища, рассчитанные на хранение топлива в течение 50 лет, были построены в 1997 г. В 2000 году были построены четыре новых модуля, в 2003 один, а в 2007 г. было создано еще пять модулей, таким образом появились 13 общей вместимостью 7 200 ОТВС.

3. Вывод АЭС из эксплуатации. Сценарии для АЭС «Пакш»

Вывод ядерных объектов из эксплуатации в Венгрии регулируется §40 Закона об атомной энергии, в котором говорится, что ответственность за техническое обслуживание, контроль и охрану объектов атомной энергетики от момента их закрытия до завершения демонтажа лежит на Национальном Агентстве по Обращению с РАО (PURAM). PURAM также отвечает за демонтаж и рекультивацию территории.

После изучения пяти реализуемых вариантов вывода АЭС из эксплуатации в качестве базового был выбран сценарий, предполагающий остановку с мониторингом в течение 70-ти последующих лет. Согласно этой модели вывода из эксплуатации, нерадиоактивные компоненты АЭС после выгрузки ОЯТ должны быть демонтированы и размещены в промежуточное хранилище, а структурные элементы и оборудование бывшей станции, содержащие радиоактивные материалы, должны будут оставаться на своих местах на площадке под наблюдением в течение 70 лет. В декабре 2006 г. этот проект вывода АЭС из эксплуатации подвергся пересмотру, по итогам которого период наблюдения решено было сократить до 50-ти лет.

Расходы на вывод блоков АЭС из эксплуатации будут компенсированы за счет отчислений, производимых «Пакш» в Центральный ядерный финансовый фонд. Расходы на обращение с ОЯТ, образующимся на других ядерных установках, которые эксплуатируются бюджетными учреждениями, в том числе на учебном реакторе Института ядерной технологии Будапештского университета технологии и экономики и на исследовательском реакторе Института ядерных энергетических исследований Центрального научно-исследовательского физического института, компенсируются бюджетом ежегодно по мере возникновения таких расходов.

4. Процесс подготовки к захоронению ОЯТ

Ядерный топливный цикл может быть реализован как:

- открытый, при котором ОЯТ подвергается захоронению без переработки,
- закрытый, когда ОЯТ перерабатывают с возможностью последующего использования.

Наиболее практичным для Венгрии на сегодняшний день признается метод захоронения ОЯТ в глубинных геологических формациях. За обоснование безопасности проекта и разработку стратегии обращения с отходами на заключительной стадии ядерного топливного цикла несет ответственность Public Limited Company for Radioactive Waste Management (PURAM).

Захоронение ВАО в глубинных стабильных геологических формациях всегда подразумевает предшествующее осуществление комплексной продолжительной научно-исследовательской работы для подготовки обоснования его безопасности. ППЗРО сможет обеспечить одновременно захоронение ОЯТ и ВАО, полученных при переработке отработавшего ядерного топлива. Согласно прогнозу, за 30 лет эксплуатации на АЭС «Пакш» будет накоплено 11 266 тепловыделяющих сборок, содержащих 1307 т отходов в урановом эквиваленте, не учитывая ОТВС, отправленных в Российскую Федерацию (ранее в СССР).

5. Объекты приповерхностного захоронения РАО в Венгрии

Изначально радиоактивные отходы в Венгрии были наработаны в результате использования ряда изотопных технологий и хранились на площадках Научно-исследовательского института атомной энергии Венгерской Академии наук, KFKI AEKI – главного потребителя радиоизотопов.

Объект по обращению с РАО Солимар (Solymar)

В Солимаре (Solymar) в 1960 г. был создан пункт захоронения для изотопов с KFKI, затем управление им перешло от Венгерского Комитета по атомной энергетике к Национальной службе общественного здоровья и медицины (ÁNTSZ). Через несколько лет ППЗРО Солимар начало прием радиоактивных отходов на захоронение со всей Венгрии. ППЗРО в Солимаре осуществлял операции по приему и захоронению отходов до 1975 г., в нем было захоронено 900 м³ радиоактивных отходов.

В 1976 г. был введен в эксплуатацию второй в Венгрии ППЗРО близ г. Пушпоксиладь (Püspökszilágy), после чего был поднят вопрос о возможной ликвидации ППЗРО Солимар.

При рассмотрении предложения о продлении срока службы ППЗРО Солимар было решено прекратить эксплуатацию хранилища по причине близости ее месторасположения к разрастающейся столице страны и в связи с недостаточной гидроизоляции грунта площадки объекта.

Эта операция была проведена в период с 1977–1980 гг. В ходе ликвидации объекта 650 бочек, 3 000 герметизированных источников ионизирующего излучения были переупакованы, перевезены и размещены в новом хранилище для радиоактивных отходов Пушпоксиладь.

Объект по обращению с РАО Пушпоксиладь (Püspökszilágy) – характеристики и инженерный проект

Второй венгерский объект по обращению с радиоактивными отходами – Установка захоронения и переработки РАО (Radioactive Waste Treatment and Disposal Facility, далее RWTDF) был построен на границе пригородных территорий городов Püspökszilágy и Kisméned (рус. соотв. Пушпоксиладь, Кишнемедь). Проектная вместимость – 3 540 м³. Проект RWTDF представляет собой систему приповерхностных заглубленных карт и шахт для размещения РАО. Первые отходы захоронены в этот RWTDF в 1977 г., а последняя

лицензия на эксплуатацию данного объекта была получена в 1980 г. Изначально RWTDF в Пушпоксиладе принимал все РАО, образующиеся в результате использования ядерных технологий в стране, за исключением ряда радиодержащих источников излучения медицинского происхождения, а также иных закрытых отработанных источников ионизирующего излучения или устройств, содержащих делящиеся изотопы, находившиеся ранее на временном хранении на различных объектах страны.

Когда в августе 1983 г. в эксплуатацию был введен первый, а в ноябре 1984 г. и второй энергоблок АЭС «Пакш», то объем ежегодно образующихся низко- и среднеактивных отходов многократно возрос. Проект АЭС предусматривал размещение низко- и среднеактивных отходов во временном приреакторном хранилище. Предполагалось, что операционные РАО и отходы от вывода АЭС из эксплуатации будут размещены в RWTDF – на тот момент единственное ППЗРО для НАО и САО в Венгрии. RWTDF Пушпоксиладь заполнился отходами АЭС с 1983 по 1989 гг. Расширение приповерхностной части площадки RWTDF не представлялось возможным из соображений безопасности.

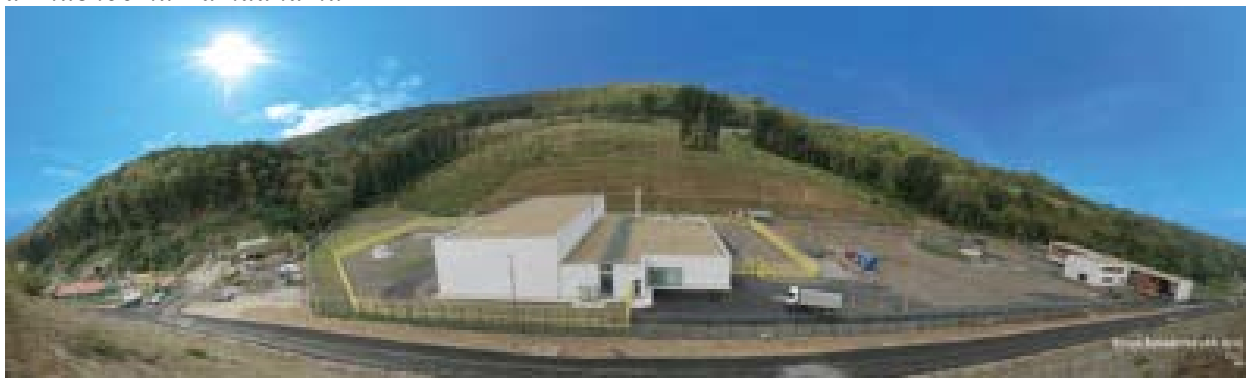
Специалисты АЭС «Пакш» разрабатывали меры по реализации задачи захоронения собственных НАО и САО в отдельном пункте захоронения, однако эти попытки обернулись неудачей в январе 1990 года из-за противодействия общественности строительству ППЗРО в Офалу (Ófalu) в округе Печварад. В результате было принято решение о захоронении отходов в RWTDF с увеличением вмещающих мощностей до 5 040 м³ за счет финансовых средств АЭС «Пакш». Безопасность этого ППЗРО неоднократно подвергалась критике специалистами Венгерского института геологии и геофизики (Magyar Földtani és Geofizikai Intézet) в ходе процедуры лицензирования проекта по расширению мощностей хранилища: лицензия на его эксплуатацию была пересмотрена четыре раза.

Транспортировка РАО на площадку RWTDF Пушпоксиладь была приостановлена в 1990 г. по причине развернувшихся протестов со стороны местного населения. Уже в 1991 г. загрузка РАО в ППЗРО возобновилась, и за период с 1992 по 1996 гг. на площадку близ Пушпоксиладь было загружено дополнительно 1 580 м³ отходов АЭС «Пакш».

Хранилище было предельно заполнено в 2005 г., и для временного размещения РАО стали использовать ангар, в котором ранее производилась приемка отходов. Существует возможность увеличения вместимости хранилища за счет более эффективного использования площадей, предназначенных для временного хранения и финальной изоляции радиоактивных отходов.

Централизованное государственное хранилище для НАО и САО Батаапати (Bataapati)

Национальный пункт захоронения радиоактивных отходов низкого и среднего уровня активности Батаапати



В декабре 2012 г. заработало централизованное государственное хранилище для НАО и САО Батаапати, находящееся южнее АЭС «Пакш».

Строительство национального хранилища радиоактивных отходов Батаапати на юго-западе страны началось в октябре 2008 г. и продолжалось 15 лет, стоимость его составила 310 млн \$. До начала строительства объекта в Батаапати была реализована обширная

программа по отбору проб, анализу и оценке состояния воды, которая используется в регионе для водоснабжения гражданских, промышленных объектов и населенных пунктов.

Пункт Батапати рассчитан на хранение низкоактивных, а также короткоживущих среднеактивных отходов (LILW), образующихся в результате работы и последующего вывода из эксплуатации АЭС «Пакш». Согласно проекту, площадка обеспечит размещение ~70 тыс. м³ НАО и САО АЭС «Пакш». Некоторое количество долгоживущих САО и ВАО будут храниться вне Батапати на специализированном объекте.

Дополнительные подготовленные площадки Батапати позволяют создавать новые карты для размещения РАО общей емкостью ~ 1 млн м³, что позволит обеспечить захоронение РАО в течение предстоящих 40 лет с резервом в 50%.

Объект предназначен для захоронения отходов низкой и средней активности, образующихся при эксплуатации АЭС, которые ранее хранились в специализированных ангарах на пристанционных площадках, упакованных в бочки (по 200 л). Жидкие отходы размещены на временное хранение на приреакторной площадке АЭС в баках. Непосредственно на захоронение в настоящее время направляются только твердые отходы. В этой связи необходимо проводить процедуру отверждения жидких радиоактивных отходов. ЖРО, которые возникнут при демонтаже АЭС, также будут подвергаться отверждению.

Отходы, помещаемые на захоронение, должны соответствовать критериям приемлемости, одобренным государственными регулирующими органами Венгрии. Для обеспечения соответствия критериям приемлемости контроль за отходами начинается уже при вывозе РАО с АЭС. Каждая бочка проверяется на наличие повреждений, проводится измерение уровня гамма-излучения на расстоянии метра и проверка наличия загрязнений на поверхности. Компьютерная программа дополнительно осуществляет проверку соответствия активности радионуклидов, содержащихся в бочке, критериям приемлемости для захоронения.

РАО перевозятся по дороге Пакш – Бонияд – Батапати специальным транспортным средством, по лицензии. Операции по перемещению отходов по данному маршруту соответствуют положениям Соглашения европейских государств о международных перевозках опасных грузов (ADR).

Транспортное средство прибывает в центральное здание на площадке ППЗРО. После осмотра транспортное средство перемещается в производственное помещение в контролируемой зоне, где после дополнительной проверки транспортные платформы с помощью крана перемещаются в зону хранения.

Контрольные измерения и подготовка РАО к подземному захоронению проводятся в приемочном производственном помещении, вместимостью 3 000 бочек. На площадке ПЗРО действует система обеспечения радиационной защиты.

Хранилище может быть расширено таким образом, что наиболее высокоактивные отходы смогут быть изолированы в отдельном пункте изоляции в скальной гранитоидной вмещающей породе высокой плотности. Проектом предусмотрено автоматизированное управление объектом, всё происходящее в нем будет отслеживаться с помощью видеокамер в онлайн-режиме.

РАО будут складироваться на глубине 200-250 м под землей в хранилищах, размещенных в гранитоидных породах. Доступ на объект будет осуществляться через тоннели, спроектированные под углом, которые по мере заполнения отходами будут изолироваться составами глины и бетона с добавлением 50-60% гранитного щебня, что позволит в течение длительного времени удерживать миграцию радиоактивных изотопов в окружающую среду. Модульная конструкция хранилища дает возможность его увеличения на случай прироста мощностей АЭС «Пакш».

6. Взаимодействие с общественностью при создании и эксплуатации ПЗРО

Одной из наиболее важных задач, которые нужно решить при эксплуатации RWTDF, является демонстрация безопасной, стабильной и безаварийной работы.

В 1998 г. в Венгрии администрациями тремя местных муниципальных образований была учреждена Ассоциация изотопной информации (Izotóp Tájékoztató Társulás) - объединение органов местного самоуправления, связанных с работой RWTDF. В 2000 году к Ассоциации присоединилось еще одно муниципальное образование, в 2002 – еще три, и в 2008 году реорганизованная Ассоциация возглавила информационную работу с общественностью. Операционная деятельность ПЗРО в Венгрии подробно освещается в ежемесячном издании Hétközlap. Также Hétközlap публикует ответы на вопросы представителей местной общественности.

В 2003 г. в Кишнемеди (Kisnemedi) близ г. Пушпоксиладь был открыт медиацентр Ассоциации изотопной информации. В медиацентре посетители могут почерпнуть знания в области мирного использования атомной энергии, естественной радиоактивности, происхождения радиоактивных материалов, используемых в неядерных областях.

Для обеспечения взаимодействия с общественностью, руководством и администрацией муниципальных образований территориальных округов, где планируется создание объектов размещения РАО (ПЗРО), работают региональные отделения Социальной ассоциации по контролю и информации (TETT). Целью работы TETT является сопровождение исследовательской деятельности на площадке и информирование об этом общественности.

PURAM удалось завоевать поддержку местного населения за счет эффективного взаимодействия с общественностью. На государственном, региональном и местном уровнях систематически происходит распространение информация о процессах вокруг деятельности ПЗРО, в том числе с помощью пресс-релизов, брошюр, ежемесячного издания «Региональных хроник» («Térségi Krónikás») и информационных сообщений Ассоциации TETT. «Térségi Krónikás» тиражируется по 4 – 6 тысяч экземпляров, и подлежит адресному распространению – в каждое домовладение. Ежегодно PURAM при сотрудничестве с TETT организует дни «аварийной готовности». Такие мероприятия проводятся в формате выезда в экологический лагерь, где в лекционном и коммуникационном формате эксперты атомной отрасли дают возможность представителям социально значимых образований, средств массовой информации и администрации узнать дополнительную информацию и принять участие в различных программах по укреплению связей с местными жителями. Результаты социальных опросов свидетельствуют об успешном взаимодействии с общественностью. Большая часть населения, проживающая в данном регионе, имеет информацию о происходящих на площадке ПЗРО процессах, в т.ч. о выполняемых в настоящее время и о планируемых работах.

ГЕРМАНИЯ

Уполномоченные институты в сфере обращения с РАО в Федеративной Республике Германия

Федеральное министерство окружающей среды, сохранения природы и ядерной безопасности, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, BMU	Орган государственного управления и регулирования безопасности в сфере атомной энергии (в т.ч. обращения с ОЯТ и РАО)
Федеральное управление по безопасности обращения с РАО (в ведении BMU), Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung, BASE	Осуществляет функции регуляции и надзора в сфере захоронения РАО, также санкционирование и предоставление лицензий на строительство и эксплуатацию ПЗРО
Федеральное ведомство по радиационной защите, Bundesamt für Strahlenschutz, BfS	Организация, ответственная за реализацию проекта по захоронению ОЯТ и РАО
Федеральное министерство образования и научных исследований, Bundesministerium für Bildung und Forschung, BMBF	Обеспечение финансирования научно-исследовательских институтов (и проектов), общее регулирование политики в сфере образования Германии
Deutsche Gesellschaft zum Bau und Betrieb von Endlagern für Abfallstoffe mbH**	Главный подрядчик по строительству и эксплуатации пунктов захоронения РАО
Министерство экономики и защиты климата, Bundesminister für Wirtschaft und Klimaschutz, BMWK	Федеральное министерство экономики и защиты климата Германии. Ведомство занимается вопросами развития предпринимательства, поддержки бизнеса, внедрения новых технологий в экономическую систему, а также НИОКР
Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle, BAFA	Федеральное ведомство по экономике и экспортному контролю (является частью Министерства экономики и защиты климата, BMWK)
Bundesgesellschaft für Endlagerung, BGE	Государственное агентство по обращению с РАО, в ведении которого находятся процессы строительства и эксплуатации пунктов захоронения
Entsorgungskommission, ESK	Комиссия по управлению радиоактивными отходами
Strahlenschutzkommission, SSK	Комиссия по радиационной защите
Kerntechnischer Ausschuss, KTA	Комиссия по стандартизации в сфере ядерной безопасности
Reactor Safety Commission, RSK	Комиссия по безопасности ядерных реакторов
Wismut (Wismut GmbH)	Wismut GmbH – государственное предприятие, которому вверена рекультивация земель, на которых производилась разработка урановых рудников советско-германским акционерным обществом «Висмут» с 1947 – 1990 гг. на востоке страны, Землях Саксонии и Тюрингии. Wismut GmbH (общество с ограниченной ответственностью) было учреждено в 1991 г. спустя год после передачи горнодобывающего предприятия в собственность объединённой Германии. Головной офис компании располагается в Хемнице.

Компания Gesellschaft für Nuklear-Service mbH, GNS	GNS – совместное предприятие, созданное в 1974 г. рамках соглашения между операторами ОЯТ и РАО, образующихся в результате эксплуатации немецких АЭС. GNS оказывает услуги в области захоронения отходов, вывода из эксплуатации ядерных установок, а также управляет несколькими дочерними предприятиями по временному хранению ОЯТ и РАО (такими как в Горлебене и Ахаусе).
Bundes Gesellschaft für Zwischenlagerung mbH, BGZ	Федеральный альянс предприятий по временному хранению РАО и ОЯТ, образован в 2017 г. при совместном участии профильных подразделений ВМУ и компании GNS.

1. История отрасли атомной энергетики Германии

Научные исследования в области использования атомной энергии в гражданских целях начались в 1955 г. после официального подписания отказа ФРГ от разработки и обладания ядерным оружием.

На тот момент программа научных исследований была основана на интенсивном международном сотрудничестве и включала строительство нескольких экспериментальных ядерных реакторов, демонстрационных реакторов, разработку концепций замкнутого ядерного топливного цикла и захоронения РАО в глубинных геологических формациях. В 1955 г. Правительством ФРГ было учреждено Министерство по ядерным вопросам, с этого момента Германия стала одним из основателей Европейского сообщества по атомной энергии (ЕВРАТОМ), а также Агентства по ядерной энергии Организации экономического сотрудничества и развития.

На территории Западной Германии были созданы центры по ядерным исследованиям:

- 1956 г. – в Карлсруэ, Юлихе и Гестахте,
- 1959 г. – в Берлине и Гамбурге,
- 1964 г. – в Нойхерберге под Мюнхеном и
- 1969 г. – в Дармштадте.

В бывшей ГДР мирное использование ядерной энергии началось с разработки программы ядерных исследований и технологий в 1955 г. Политическим руководством ГДР в этот период было принято предложение от СССР поспособствовать развитию сферы ядерных исследований. Помощь Советского Союза подразумевала предоставление исследовательских реакторов, а также необходимого оборудования для обеспечения инфраструктуры, что стало бы катализатором в процессе создания собственных институтов ядерных исследований. В 1956 г. в Россендорфе (близ Дрездена) был основан Центральный институт ядерных исследований, в 1957 г. институт произвел пуск исследовательского реактора, поставленного Советским Союзом. В этот же период в университетах ГДР все чаще открывались кафедры по специальностям ядерной физики и техники.

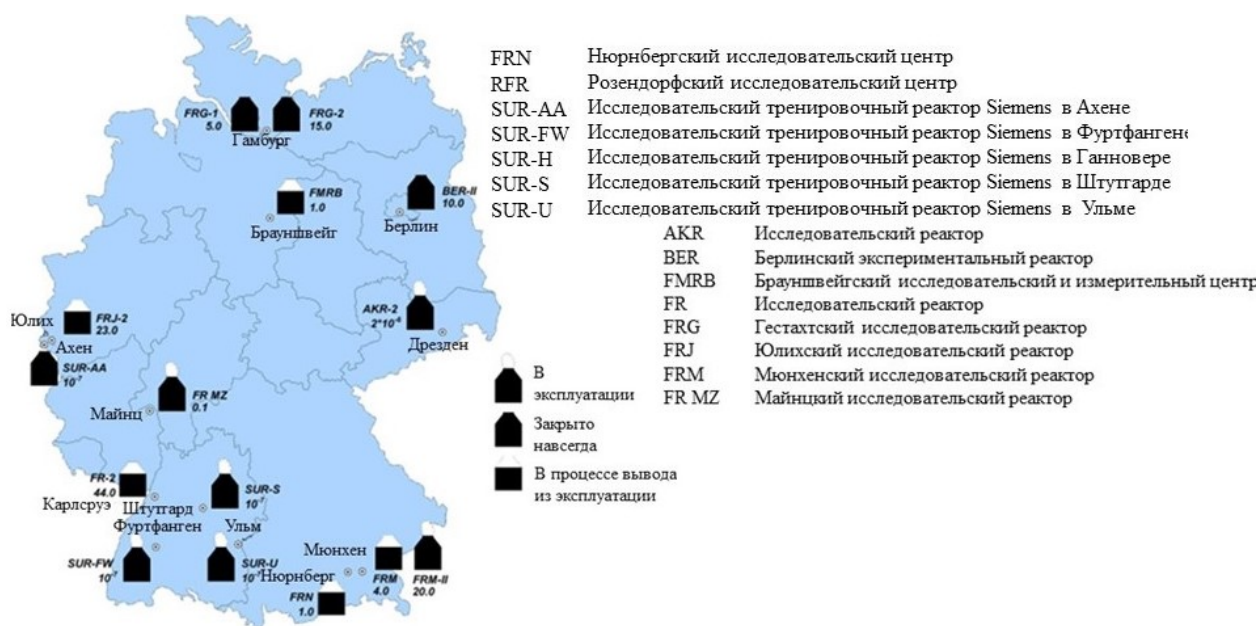
Так в ГДР была сформирована полноценная база для проведения фундаментальных исследований в области ядерной физики, радиохимии, для производства изотопов, а также для исследовательских работ по научно-техническим основам использования ядерной энергии.

На рубеже 1991-1992 гг. остановленные ядерные установки и владения Центрального института ядерных исследований были переданы в ведение Исследовательского центра им. Гельмгольца (Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf) для вывода из эксплуатации и НИР.

Динамика изменений структуры производства ядерной энергии в новейший период истории страны

Германия в настоящее время эксплуатирует шесть исследовательских реакторов.

Расположение исследовательских реакторов на карте Германии. Числовые обозначения на карте – мощность реакторов в МВт.



В Германии эксплуатировались 17 ядерных реакторов, которые обеспечивали выработку четверти всего объема электроэнергии, производимого в стране. Общая мощность ядерных установок превышала 20 ГВт до момента, пока в 2011 г. не произошла авария на японской АЭС Фукусима-Даити. В этом же году реакторный парк Германии был сокращён до 9 реакторов, общей мощностью 12 ГВт. На сегодняшний момент в Германии эксплуатируются 3 энергоблока, поставляющих 4 ГВт электричества в энергосеть страны.

План вывода из эксплуатации последних трех промышленных атомных реакторов в ФРГ

АЭС	Реактор	Тип реактора	Мощность (МВт)	Ввод в экспл.	Старт вывода из экспл.	Окончание процесса вывода из экспл.
Изар	KKI2	PWR	1410	1988 г.	2022 г.	2034 г.
Эмсланд	Эмсланд	PWR	1335	1988 г.	2022 г.	2034 г.
Неккарвестхайм	Неккарвестхайм 2	PWR	1310	1989 г.	2022 г.	2034 г.

2. Законодательство

Новая Директива ЕВРАТОМ №2014/87, актуализирующая правила сообщества для участников Объединенной конвенции в области ядерной безопасности и ядерных установок, являющихся членами Европейского Союза, была интегрирована в германское право через принятие пятнадцатого закона о внесении поправок в Закон об атомной энергии от 1 июня 2017 г.

Шестнадцатый закон, вносящий поправки в Закон об атомной энергии от 10 июля 2018 г., регулирует вопросы финансовой компенсации электроэнергетическим компаниям за постепенный отказ от коммерческого использования ядерной энергии.

5 декабря 2018 г. в Своде федеральных законов было опубликовано Постановление о дальнейшей модернизации Закона о радиационной защите.

Новый Указ о радиационной защите вступил в силу 31 декабря 2018 г., как и новый Указ об обращении с радиоактивными отходами.

В рамках национального законодательства Федеративная Республика Германия предприняла все необходимые меры регулирования и управления для выполнения своих обязательств в рамках Объединенной конвенции. Постоянная адаптация нормативных положений к новейшим достижениям науки обеспечивает поддержание надлежащего уровня технического развития отрасли атомной энергетики в Германии.

Законодательство и административные органы гражданского ядерного сектора обеспечивают основу системы защиты жизни, здоровья и имущества граждан от опасностей, связанных с использованием ядерной энергии в целом и вредного воздействия ионизирующего излучения, а также для регулирования и надзора за безопасностью при строительстве, эксплуатации и выводе из эксплуатации ядерных установок. В соответствии с требованиями законодательства в области ядерной энергетики, обеспечение безопасности имеет приоритет над экономическими интересами страны.

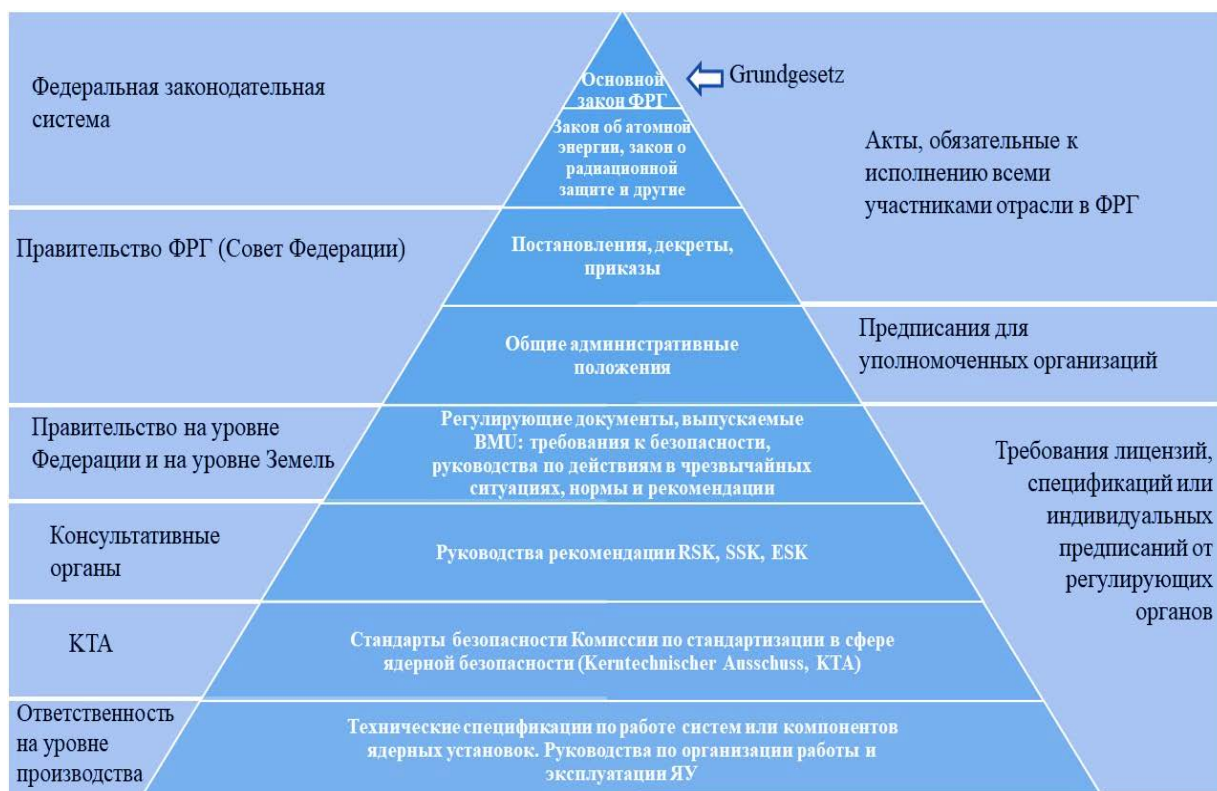
Одной из основных целей политики федерального правительства Германии в области безопасности в сфере ядерной энергетики было и остается то, что операторы ядерных установок и объектов обязаны поддерживать и развивать культуру безопасности в рамках своей сферы ответственности.

Структура

Руководство по безопасности реакторов и радиационной защите содержит все нормативные и обязательные к применению руководящие документы, которые действительны в Германии в следующих областях:

- ядерная безопасность;
- транспортировка;
- захоронение;
- защита от ионизирующего и неионизирующего излучения.

Иерархия органов и систем, регулирующих вопросы ядерной безопасности в ФРГ, в соответствии со сферой их ответственности.



Основной закон содержит главные принципы, применимые и к ядерному праву. Он также содержит положения о законодательных и административных полномочиях Правительства Германии в отношении использования ядерной энергии. Как определено в статье Основного закона №73, Правительство ФРГ обладает исключительными законодательными полномочиями в отношении «производства и использования ядерной энергии в мирных целях, строительства и эксплуатации объектов, обслуживающих подобные цели, защиту в чрезвычайных ситуациях, связанных с распространением ядерной энергии или ионизирующего излучения, а также захоронения радиоактивных веществ».

Закон об атомной энергии был принят 23 декабря 1959 г. после того, как ФРГ официально отказалась от любого применения атомного оружия, и с тех пор в него несколько раз вносились поправки. Цель Закона об атомной энергии после внесения в него поправки в 2002 г. заключается в постепенном отказе от использования ядерной энергии для ее производства в коммерческих целях на контролируемой основе. Еще одна цель Закона заключается в обеспечении выполнения Германией своих международных обязательств в области ядерной энергии и радиационной защиты.

Общие административные положения (Allgemeine Verwaltungsvorschrift, AVV) регулируют действия властей. Рекомендации Комиссии по управлению радиоактивными отходами и радиационной защите (Entsorgungskommission, Strahlenschutzkommission) играют важную роль в отношении процедур лицензирования и надзора в области обращения с ОЯТ и РАО. Эти две независимые экспертные комиссии (ESK, SSK) консультируют BMU по вопросам, связанным с радиационной защитой и обращением с отходами. Привлечение в Комиссии ESK и SSK экспертов широкого спектра технических специальностей с различными взглядами на фундаментальные процессы в отрасли обеспечивает независимость и непредвзятость принимаемых в данных институтах решений.

Главной задачей Комиссия по стандартизации в сфере ядерной безопасности (Kerntechnischer Ausschuss, KTA) является установление стандартов безопасности и содействие их применению в области ядерных технологий, где опыт показывает, что эксперты, представляющие производителей, строителей и операторов ядерных установок, экспертные организации и органы власти придут к единому мнению. Стандарты разрабатываются в рамках шести подкомитетов и принимаются в KTA.

Система лицензирования

Субъекты права, вовлеченные в процесс лицензирования ЯУ (согласно §7 Закона об атомной энергии – Atomgesetz).



Регулятор

Правительство ФРГ директивой уполномочено определять министерство, ответственное за ядерную безопасность и радиационную защиту в стране. С июня 1986 г. эта компетенция была возложена на Федеральное министерство окружающей среды, охраны природы ядерной безопасности и защиты прав потребителей (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz, BMU). В настоящее время BMU обладает организационными полномочиями и ходатайствует о выделении необходимых кадровых и финансовых ресурсов из федерального бюджета на обеспечение систем ядерной безопасности и радиационной защиты Германии.

В отношении обязательств в рамках Объединенной конвенции BMU несет ответственность за деятельность операторов, федеральных властей, а также уполномоченных экспертов в сфере атомной энергетики, и гарантирует защиту от потенциальных опасностей, связанных с использованием ядерной энергии, для человека и окружающей среды.

Общие положения по безопасности

Со вступлением в силу Закона о радиационной защите (Strahlenschutzgesetz) и ряда включенных в него директив вопрос радиационной защиты в Германии был урегулирован.

9 июля 2018 г. была издана пятая Директива 2018/843/EU Европейского Парламента и Совета Европейского Союза о внесении поправок в Директиву 2015/849/EU о предотвращении использования финансовой системы для отмывания денег и финансирования терроризма, а также о внесении поправок в Директивы 2009/138/ЕС и 2013/36/EU. Это предписание было интегрировано в законодательную систему Германии реализацией Закона о введении в действие пятой Директивы ЕС о противодействии отмыванию денег – под названием Geldwäschegesetz, GwG.

Немецким Законом об отмывании денег (GwG) были введены меры по обеспечению прозрачности системы обращения с радиоактивными отходами, а также регламентировалось право Федерального ведомства по экономике и экспортному контролю (BAFA), являющегося частью Министерства экономики и защиты климата (BMWK) на доступ ко всей необходимой информации по текущим процессам обращения с РАО.

На основании поправок, внесенных в Закон об атомной энергии (AtG) по итогам ратификации Закона о реорганизации ответственности за обращение с радиоактивными отходами, процесс вывода ЯУ из эксплуатации впредь должен будет начинаться сразу после завершения работы АЭС.

Первостепенная ответственность за безопасность объектов по обращению с РАО и / или ОЯТ лежит на владельце лицензий на те или иные виды деятельности в рамках ядерной установки. Проверки регуляторами предприятий по обращению с РАО в Германии могут осуществляться только с предварительного письменного согласия владельца лицензий по ядерной установке, подлежащей проверке (регулируется § 12 b Закона об атомной энергии, AtG).

3. Безопасность при обращении с отработавшим ядерным топливом

Entsorgungskommission, ESK – Комиссия по обращению с радиоактивными отходами - в конце 2018 г. издала руководство по созданию барьерных систем для защиты ПЗРО от проникновения воды и затопления. В феврале 2019 г. были учтены требования Комиссии по радиационной защите (Strahlenschutzkommission) в отношении барьерной системы защиты от воды хранилищ для ВАО, стартовала работа по изучению различных вмещающих пород и соответствующих концепций по безопасности пунктов размещения отходов в сравнении.

Концепция безопасности при обращении с ОЯТ изложена в немецких Законе об атомной энергии (AtG), Законе о радиационной защите (StrlSchG) и Постановлении о радиационной защите (StrlSchV).

Меры по безопасности сухого хранения ОЯТ легководных (LWR), высокотемпературных (HTR), экспериментальных, демонстрационных, а также исследовательских реакторов содержатся в «Руководстве по сухому хранению ОЯТ и тепловыделяющих отходов» ESK.

Регламентом безопасности при использовании мокрого типа хранения ОЯТ является стандарт Комиссия по стандартизации в сфере ядерной безопасности (Kerntechnischer Ausschuss) № KTA3602.

Отдельным стандартом № KTA3303 на площадках размещения ОЯТ регулируются процессы отвода тепла, образующегося в следствии процесса ядерного распада. Радиационная безопасность по условиям критичности на АЭС регулируется стандартом №DIN25712 от 2015 г., впервые опубликованном в 2007 г.

На основании § 8 пп.1 и 2 Закона о радиационной защите (StrlSchG) и § 23 Закона о замкнутом цикле оборота материалов и обращении с отходами (Kreislaufwirtschaft) AtG вводит требование (§2, 1A-3) по сведению к минимуму наработки отходов в рамках системы обращения с ОЯТ, в результате чего, благодаря использованию новейшей техники в области ядерной энергетики и оптимизированной стратегии по обращению с топливом, объем ОЯТ уменьшился.

4. Политика и практика в отношении РАО и ОЯТ

Повторное использование ОЯТ в Германии требовалось законодательством с момента основания отрасли. Ситуация изменилась в 1994 г., когда владельцы лицензий на эксплуатацию АЭС получили возможность непосредственного захоронения топлива, минуя этап его повторного использования.

Пока централизованное постоянное хранилище для ОЯТ не будет запущено в Германии, топливо будет размещаться на тех же площадках, где было произведено, до момента открытия специализированного объекта.

В настоящий момент в Германии существует единственный разрешенный способ обращения с ОЯТ – захоронение. Осуществление процесса захоронения ОЯТ завершается для материала в статусе «радиоактивные отходы».

Обращение с ОЯТ

Программа переработки отработавшего ядерного топлива за рубежом – во Франции и Великобритании - завершилась в июне 2005 г. Владельцы лицензий на эксплуатацию АЭС смогли предоставить документацию, подтверждающую безопасность повторного использования плутония, образующегося в результате использования МОКС-топлива, а также обоснование наличия возможности безопасного хранения регенерированного урана. Остальные же вырабатываемые в стране типы ОЯТ, не подлежащие переработке, будут временно размещаться в специализированных хранилищах на тех объектах, где были произведены до момента их транспортировки в пункт захоронения.

Обращение с РАО

Когда в 2017 г. в Закон о выборе площадки для захоронения РАО (StandAG) была внесена поправка 1A-7b, началась процедура выбора площадки для захоронения ВАО. Закон о выборе площадки для захоронения РАО содержит требование создания и обеспечения площадки для репозитория, которая обеспечит максимально возможный уровень безопасности в течение одного миллиона лет. Выбор площадки для создания пункта по захоронению ВАО планируется завершить в 2031 г.

В соответствии с законодательством, финансирование процесса обращения с радиоактивными отходами осуществляется согласно принципу «платит загрязнитель». Захоронение отходов финансируются из фондов, формируемых отчислениями с каждого МВт/ч электроэнергии. BGE Technology выстраивает в Германии эту систему. Размер ежегодных отчислений в фонды может варьироваться в зависимости от приоритетов

национальных программ по обращению с РАО, показателей прибыли, уровней инфляции и других факторов. Учитывая, что фонды формируются до строительства ПЗРО, а покрывать они должны все потребности задач по окончательной изоляции РАО, уполномоченные организации предусматривают различные финансовые инструменты, обеспечивающие долгосрочное финансирование проектов захоронения, например, инвестиции денежных средств данных фондов. Прогнозы по использованию фондов разрабатываются с опорой на разные уровни инфляции и сценарии развития атомной промышленности (продление сроков эксплуатации АЭС, досрочное закрытие АЭС и другие сценарии). Несмотря на то, что подходы к финансированию задач окончательной изоляции РАО в целом выработаны и позволяют реализовывать долгосрочные дорогостоящие проекты, актуальной остается задача снижения затрат на захоронение РАО⁸.

5. Практика обращения с радиоактивными отходами

В Германии для хранения радиоактивных отходов атомной промышленности и АЭС с незначительным тепловыделением есть как централизованные, так и локальные хранилища меньшего масштаба. Тепловыделяющие РАО могут храниться как в локальных, так и в централизованных хранилищах. Для РАО, образующихся в результате использования радиоизотопов для нужд науки, промышленности и медицины, организованы хранилища, находящиеся в ведении Федеральных земель Германии.

Конечные отходы переработки ОЯТ немецких АЭС, выполненной во Франции и Великобритании, были кондиционированы за рубежом и возвращены в Германию. Подобное же сотрудничество существовало с партнерами в Швеции, куда на кондиционирование доставлялись отходы от эксплуатации ядерных установок, а затем транспортировались обратно. В соответствии с Законом об атомной энергии (1А-3) остеклованные растворы твердых продуктов деления, полученные в результате переработки ОЯТ за рубежом, должны быть возвращены в страну для размещения в хранилищах. Хранение остеклованных отходов до конца 2013 г. было предусмотрено на объекте в Горлебене.

Для обработки и кондиционирования РАО в Германии существуют утверждённые методы и высокотехнологичные мобильные и стационарные установки. Мобильные установки для кондиционирования РАО предпочтительны в процессе обработки и упаковки отходов АЭС. Стационарные установки, способные кондиционировать различные виды радиоактивных отходов, используются, в частности, в крупных исследовательских центрах. Существует также и ряд установок для кондиционирования, функционирующих непосредственно на объекте у производителя отходов. Помимо установок для обращения с отходами собственного производства в Германии используются и зарубежное оборудование для этих целей.

Отработавшее ядерное топливо

Отработавшее топливо, выгруженное из активной зоны реактора, первоначально хранится в пристанционных бассейнах выдержки ОЯТ в течение нескольких лет. Затем ОТВС помещаются в бочки для сухого хранения и транспортировки.

Объекты по обращению с ОЯТ на территории Германии, работающие в соответствии со стандартами и требованиями Объединенной конвенции по безопасному обращению с ОЯТ и РАО, это:

- хранилища ОЯТ, локализованные на приреакторных площадках АЭС;
- хранилища ОЯТ федерального уровня в Ахаусе, Горлебене и Рубенове;

⁸ Информация приведена в статье: «Стоимость захоронения РАО: зарубежные оценки», В.Т. Сорокин, Д.И. Павлов, «АТОМПРОЕКТ», Санкт-Петербургский филиал АО «ФЦНИВТ «СНПО «ЭЛЕРОН» — «ВНИПИЭТ», 2018 г.

- хранилище для бочек AVR (Arbeitsgemeinschaft Versuchsreaktor GmbH – «Сообщества специалистов по работе экспериментальными реакторами») в Юлихе,
- экспериментальная установка по кондиционированию РАО в Горлебене.

Радиоактивные отходы

Ядерные установки или радиоизотопное оборудование, использующееся в сферах научных исследований, торговли, промышленности и медицины, в Германии находятся в непрерывном цикле процессов эксплуатации и вывода из нее. В ФРГ непрерывно генерируются потоки РАО, которые необходимо размещать на хранение до момента ввода в эксплуатацию пункта их захоронения. Целью кондиционирования РАО является их оптимизация путем обработки и/или упаковки в контейнер, подходящий для захоронения в нем и соответствующий критериям приемлемости отходов в хранилище «Конрад».

Одна из важных целей кондиционирования – сокращение объемов хранящихся РАО, подлежащих захоронению. Метод кондиционирования отходов выбирается в зависимости от их состава (органического, металлического, минерального) и агрегатного состояния (твёрдое, жидкое). Также метод кондиционирования зависит от радиационных свойств отходов (измельчение, сжигание, прессование, плавление и т.д. для ТРО или сушка/выпаривание, цементирование и остекловывание для ЖРО). Может также возникнуть необходимость использования разных методов кондиционирования РАО на последовательных этапах процесса.

Кондиционирование РАО может осуществляться с помощью мобильных или стационарных установок. Часто используемое стационарное оборудование для кондиционирования РАО представляют собой систему, состоящую из: аппаратуры для дезактивации и демонтажа, сушильных/испарительных установок, механизмов прессования под высоким давлением, плавильных и цементируемых установок. Предприятия, оснащенные таким оборудованием и лицензированные на прием и переработку отходов от внешних производителей, есть в Юлихе, Карлсруэ, Крефельде, Лубмине и Рубенове.

При постепенном останове немецких АЭС потребность в стационарной подготовке РАО продолжит сокращаться. Вместе с тем на приреакторных площадках создаются новые мощности для кондиционирования и хранения отходов, получаемых в результате вывода из эксплуатации.

Хранилища РАО

В Германии действует система предписаний в отношении различных видов радиоактивных отходов, согласно которым они должны обрабатываться и изолироваться в соответствии со своими специфическими характеристиками. Одним из основных и длительных этапов обращения с РАО является их хранение до момента перемещения в пункт захоронения.

Закон о переходном периоде обращения с отходами (EntsorgÜG) [1A-35], вступивший в силу 16 июня 2017 г., заново определяет обязанности по хранению радиоактивных отходов, полученных в результате эксплуатации, а также закрытия АЭС. Ответственность за хранение РАО, которая возлагалась ранее на операторов АЭС, теперь ложится на Федеральное правительство - после надлежащей упаковки РАО.

В настоящее время отходы хранятся не только на площадках АЭС, но и в хранилище радиоактивных отходов "Унтервестер" (AZU 1 и AZU 2), хранилище радиоактивных отходов "Библис" (AZB 1 и AZB II), хранилище радиоактивных отходов "Агаус" (AZA) (в западном крыле зала), хранилище радиоактивных отходов "Горлебен" (AZG), хранилище радиоактивных отходов "Обригейм" (AZO), хранилище радиоактивных отходов "Филиппсбург" (AZP), хранилище радиоактивных отходов Stade (AZS), хранилище радиоактивных отходов Würgassen (AZW), здание энергосистемы в Миттертайхе, хранилища компании DAHER NUCLEAR TECHNOLOGIES GmbH (панель Nuclear + Cargo

Service GmbH (NCS)) в Ганау, Северное хранилище (ZLN) в Рубенове, хранилище в Россендорфе (ZLR), а также хранилища компании Kerntechnische Entsorgung Karlsruhe GmbH (KTE).

Проект ПГЗРО

Место захоронения высокоактивных радиоактивных отходов, в частности, будет определено в порядке выбора, установленном законом. Процедура выбора площадки для этого пункта захоронения должна быть завершена к 2031 году. После принятия решения о размещении, следующими шагами будут процедура лицензирования и строительство пункта захоронения.

Для пункта захоронения, в особенности для тепловыделяющих радиоактивных отходов, Закон о выборе площадки предусматривает метод окончательного захоронения, однако в течение 500-от лет с момента запланированного закрытия хранилища должна сохраняться возможность извлечения отходов на протяжении всего этого срока.

Пункты глубинного геологического захоронения будут на 100 % принадлежать государству. 30 июля 2016 года в силу вступил Закон об изменении организационной структуры в сфере финальной изоляции отходов. В соответствии с этим актом операции по захоронению отходов будут полностью осуществляться за счет государственной компании Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH (BGE). Оператор BGE будет держателем лицензии на эксплуатацию объекта до окончания срока действия лицензии.

Функции регуляции и надзора в области захоронения радиоактивных отходов будут сосредоточены в дальнейшем на Федеральном управлении по безопасности обращения с ядерными отходами (BASE; бывшая BfE).

Пункты захоронения РАО

На сегодняшний день в Германии существует 2 таких пункта: один в Восточной Германии (Endlager Morsleben), другой в Западной (Schachtanlage Asse). Ни тот, ни другой уже не соответствует современным стандартам и нормам Федерального министерства окружающей среды, охраны природы, строительства и безопасности ядерных реакторов Германии, они не могут принимать новые партии отходов, соответственно было принято решение найти новое место.

Морслебенское хранилище радиоактивных отходов

После воссоединения Германии в 1989 г. Морслебенское хранилище радиоактивных отходов (ERAM) в Саксонии-Ангальт перешло в ведение Федерального ведомства по радиационной защите (BfS) как оператора. В период с 1971 по 1998 гг., с перерывами, в ERAM хранились НАО и CAO от эксплуатации АЭС, а также отходы от научной и исследовательской деятельности и медицинских учреждений ГДР, а после воссоединения Германии и всей Федеративной Республики Германии в целом.

Срок действия лицензии на неограниченную эксплуатацию для приема и захоронения радиоактивных отходов был утвержден в параграфе § 57a (1) Закона об атомной энергии и ограничен 30 июня 2000 г. В 1992 г. BfS подала заявление в Министерство сельского хозяйства и охраны окружающей среды Саксонии-Ангальт о принятии решения об утверждении плана в соответствии § 9b AtG на период после 30 июня 2000 года. В 1997 г. эта заявка была аннулирована подачей заявления о выводе хранилища из эксплуатации.

Шахта «Ассе II»

С 1967 по 1978 гг. в бывшей шахте по добыче калийных и каменной солей Ассе II, в 50 километрах от границы Германии с Францией и Бельгией, размещались радиоактивные отходы. После захоронения радиоактивных отходов шахта использовалась до 1995 года для исследований в целях разработки и демонстрации методов захоронения радиоактивных отходов.

В 2008 г. Федеральное министерство окружающей среды, охраны природы и безопасности ядерных реакторов (BMU), BMBF и Министерство окружающей среды,

энергетики, строительства и охраны климата Нижней Саксонии (NMU) договорились о том, что шахта «Ассе II» в будущем будет рассматриваться как пункт захоронения в соответствии с Законом об атомной энергетике (AtG). Это решение было реализовано в Десятом законе о внесении изменений в Закон об атомной энергетике от 24 марта 2009 г.

1 января 2009 г. Федеральное управление по радиационной защите (BfS) взяло на себя ответственность за эксплуатацию данного объекта. Для эксплуатации установки BfS воспользовалось услугами компании Ассе-GmbH, полностью находящейся под государственным управлением.

В январе 2010 г. Федеральное управление по радиационной защите Германии (BfS) объявила о намерении закрыть хранилище ядерных отходов в немецком Ассе и вывезти оттуда 126 тысяч емкостей с радиоактивными веществами. Эта необходимость возникла ввиду аварийного состояния заброшенной соляной шахты, оборудованной под склад отработавшего топлива 40 лет назад. Федеральное управление по радиационной защите Германии (BfS) заявило, что были рассмотрены три варианта: перемещение отходов на более безопасный участок этой же шахты, бетонирование отходов с последующим затоплением или же вывоз всех опасных субстанций, и в итоге BfS остановилась на последнем способе.

В настоящее время наряду с прочими субстанциями в 126 бочках на объекте Ассе находятся в общей сложности 28 килограммов плутония. Согласно 225-страничному докладу Федеральной службы радиационной защиты, выдержки из которого приводит [Kölner Stadt-Anzeiger](#), такой высокой степени угрозы радиационного заражения в Германии еще не наблюдалось ранее. По мнению специалистов, требуется немедленное начало работ по эвакуации РАО и ОЯТ. Между тем решение о месте перемещения ОЯТ и РАО не принято.

Эвакуация отходов из хранилища в Ассе может стать одной из крупнейших операций по перемещению ОЯТ в истории. По оценкам различных источников, работы могут занять от 8 до 10 лет. О стоимости операции ничего не сообщается, однако немецкие инженерно-консалтинговые компании оценивают смету работ в более чем 2,5 миллиарда евро.

Хранилище «Конрад»

Новое место было найдено в самом центре Германии, в городе Зальцгиттер (Salzgitter), в 8-ми километрах от Брауншвейга (Нижняя Саксония). Будущим пунктом захоронения радиоактивных отходов (ПЗРО) должна стать шахта Конрад (нем. Schacht Konrad) (в прошлом железный рудник в Нижней Саксонии). Он легко поддается разработке, имеет стабильные условия, заключен между другими пластами породы и покрыт слоем глины толщиной около 400 м.

22 мая 2002 г. было выдано разрешение на создание хранилища РАО на базе шахты. Хранилище «Конрад» может принимать радиоактивные отходы низкой активности, максимальный объем отходов составит 303 000 м³.

В соответствии с законом об изменении организационной структуры в области захоронения радиоактивных отходов 25 апреля 2017 г. задачи оператора были переданы BGE TECHNOLOGY GmbH. Работы, начатые в 2007 г., были продолжены. Завершение строительства запланировано на 2027 год. В отчете ОЭСР (Организации экономического сотрудничества и развития) сообщается, что процесс рефинансирования шахты «Конрад» будет немного отличаться в смысле механизма финансирования остальных ПЗРО.

В ближайшем будущем шахта Конрад может стать общенациональным пунктом захоронения (ПЗРО) для отходов низкой и средней активности, которых в Германии в процентном соотношении насчитывается 99,99% к общему количеству. Все отходы типа НАО и САО упаковываются в Германии в желтые 200-литровые бочки. В Германии утилизация НАО и САО осуществляется методом захоронения как в приповерхностных хранилищах, так и в специально оборудованных инженерных геологических хранилищах глубоко под землей.

ИСПАНИЯ

Стратегия обращения с ОЯТ

Хранение ОЯТ с намерением его последующего размещения в пункте геологического захоронения.

Инвентаризация имеющихся и прогнозируемых РАО и ОЯТ

Организационные аспекты

Тип отходов	Приблизительный объем в м ³ по данным на 31.12.2019 г.		
	Накоплено на 31.12.2019	Прогноз	Суммарное количество
Очень низкоактивные отходы (ОНАО)	24 600	98 900	123 500
Отходы низкой и средней активности (НСАО)	52 000 (кондиционированные отходы)	55 200	96 500
Твердые отходы	200	5 900	6 100
Отработавшее ядерное топливо и ВАО	7 450	2 950	10 400
Итоговый объем по всем категориям РАО за определенный период	73 550	162 950	236 500
Орган государственного управления в области обращения с ОЯТ и РАО		Enresa — Национальное агентство по РАО (Empresa Nacional de Residuos Radioactivos)	
Организация, ответственная за реализацию проекта по захоронению ОЯТ и РАО (разработка проекта, НИОКР, лицензирование, строительство, эксплуатация)			

Основные регулирующие органы

Орган государственного регулирования безопасности в области атомной энергии	MINETUR — Министерство промышленности, энергетики и туризма CSN — Комитет по ядерной безопасности (<i>Consejo de Seguridad Nuclear</i>) в ведении Министерства промышленности, энергетики и туризма
Орган государственного регулирования в области охраны окружающей среды	MAGRAMA — Министерство сельского хозяйства, продовольственного обеспечения и защиты окружающей среды

1. История отрасли

В Испании действуют 7 атомных реакторов, вырабатывающие 20% электроэнергии в энергобалансе страны. Первый коммерческий атомный реактор был введен в эксплуатацию в 1968г.

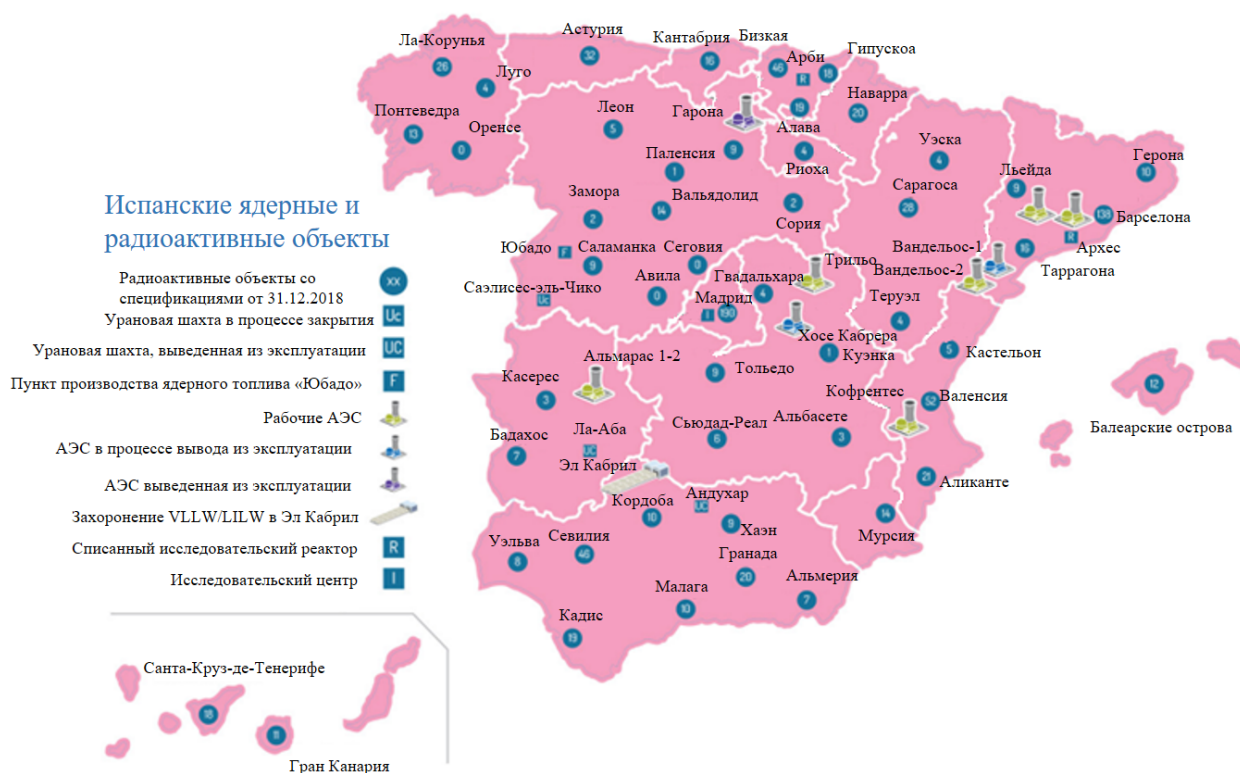
Действующие атомные электростанции Испании (по состоянию на конец 2021 г.).

АЭС	Реактор	Тип реактора	Мощность (МВт)	Ввод в эксплуатацию (год)
-----	---------	--------------	----------------	---------------------------

Алмараз	Алмараз 1	PWR	1011	1981
	Алмараз 1	PWR	1006	1983
Аско	Аско 1	PWR	995	1983
	Аско 2	PWR	997	1985
Кофрентес	Кофрентес	BWR	1064	1984
Ванделос	Ванделос 2 1	PWR	1045	1987
Трило	Трило 1	PWR	1003	1988

До 1983 г. часть ОЯТ перерабатывалась за границей, однако теперь весь имеющийся объем ОЯТ размещают в мокрых и сухих хранилищах, находящихся на приреакторных площадках. ОНАО, НАО и САО, включая РАО, образующиеся в результате проведения работ по выводу из эксплуатации ядерных установок, размещают в пункте приповерхностного захоронения «Эль Кабриль».

Ядерно-энергетическая инфраструктура Испании



2. Политика и практика в области обращения с радиоактивными отходами

В 2007 г. в Испании была утверждена программа по обращению с РАО до 2070 года. Общая стоимость программы €13 023 млн., 48% этой суммы будут потрачены на обращение с ОЯТ и ВАО, 20% – на демонтаж и вывод из эксплуатации, 12% – на обращение с низко- и среднеактивными отходами, 3% – на исследовательскую деятельность в области обращения с РАО. Денежные средства из нескольких источников сосредоточены в фонде под контролем правительства. Этими средствами управляет Enresa под наблюдением компетентных правительственных структур. Такая организация рабочего процесса и система его финансирования позволяют оперативно выполнять задачи в соответствии с планом и накапливать денежные средства на будущие проекты.

Правительство отвечает за разработку национальной политики и программы по обращению с радиоактивными отходами, включая отработавшее ядерное топливо, а также отвечает за демонтаж и вывод из эксплуатации ядерных установок посредством утверждения Генерального плана по обращению с радиоактивными отходами (General Radioactive Waste Plan, далее - GRWP).

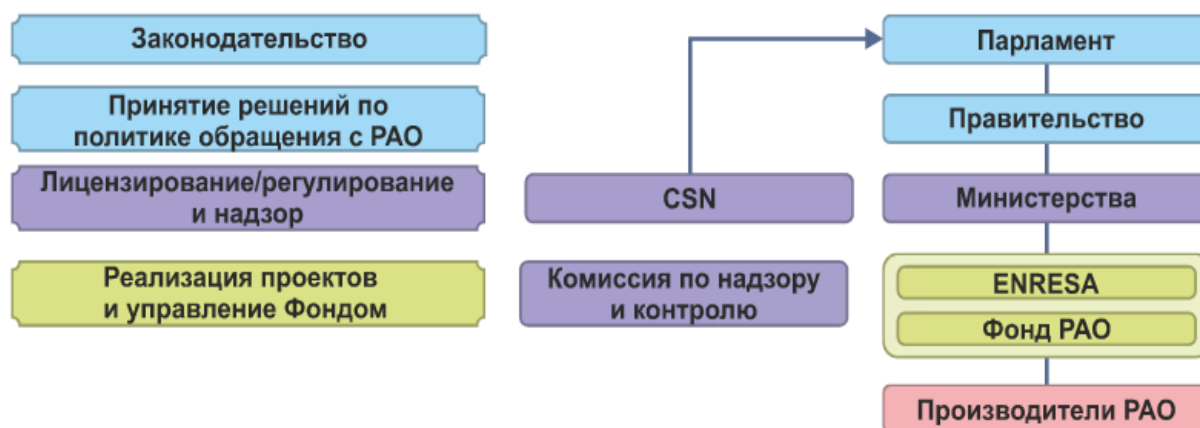
В соответствии с Королевским декретом 102/2014 от 21 февраля 2014 г. этот План (GRWP) должен обеспечивать безопасное и ответственное обращение с ОЯТ и РАО, а также определять действия, стратегии и технические решения для проведения демонтажа и вывода из эксплуатации ядерных установок, включая экономические программы, финансовые положения, меры и инструменты, необходимые для реализации этих изменений.

В целях проверки соответствия требованиям GRWP Национальный оператор по обращению с ядерными отходами Испании (Enresa) готовит и предоставляет в Министерство по вопросам экологических преобразований и демографических проблем (MITERD) данные мониторинга и планы работы в техническом и экономическом аспектах:

- в первой половине каждого года направляется отчет, включающий технические и экономические аспекты деятельности за предыдущий год, данные о степени соответствия проведенных работ выделенному бюджету, в дополнение к обновленному экономическому/финансовому обзору стоимости проектов, приведенных в GRWP;
- ежегодно к 30 ноября разрабатывается и представляется технико-экономическое обоснование бюджета на предстоящий год, вместе с прогнозом на следующие четыре года;
- ежеквартально предоставляется отчет по расходованию соответствующей части бюджета.

3. Ведомства, ответственные за реализацию проектов захоронения РАО

Схема взаимодействия ведомств и организаций, ответственных за реализацию проектов по захоронению РАО



В марте 2020 г. Enresa, в соответствии с положениями Королевского указа 102/2014 от 21 февраля 2014 г. об ответственном и безопасном обращении с отработавшим ядерным топливом и радиоактивными отходами, представила предложение по внесению изменений в GRWP в Министерство по вопросам экологических преобразований и демографических проблем, инициировав работу над проектом 7-го GRWP. Проект обновленного Генерального плана по обращению с РАО был представлен общественности на сайте министерства.

В соответствии с положениями Закона о ядерной энергии № 25/1964, Генеральный план GRWP должен получить одобрение Правительства по рекомендации MITERD,

основанной на рассмотрении отчета по ядерной безопасности и радиационной защите от Комитета по ядерной безопасности (CSN). Одним из необходимых условий одобрения Генерального плана Правительством является его согласование с представителями общественности и руководителями Автономных регионов, вовлеченных в сферу атомной энергетики, в отношении регулирования территориальных вопросов и защиты окружающей среды.

Генеральный план (GRWP) также проходит этапы стратегической и экологической оценки в соответствии с Законом об экологической оценке № 21/2013 от 9 декабря 2013 г. По инициативе Государственного секретаря по энергетике Государственный секретарь по охране окружающей среды должен предоставить проект GRWP всем вовлеченным государственным институтам и организациям отрасли, затем провести консультации по представленному документу для определения плана Стратегического экологического анализа.

В целях прогнозирования объема РАО в проект 7-го GRWP был включен следующий сценарий действий:

- 1) отказ от переработки ОЯТ при однократном(прямом) топливном цикле;
- 2) поэтапное прекращение эксплуатации АЭС в период 2027-2035 гг., в соответствии с Комплексным национальным энергетическим и климатическим планом на 2021–2030гг.;
- 3) ввод в эксплуатацию централизованного временного хранилища для ОЯТ и ВАО в 2028 г. (при планируемой дате окончания монтажных работ по установке емкости для контейнеров с РАО в 2026 г.). Предполагаемый срок эксплуатации этого объекта 60 лет;
- 4) немедленный и окончательный вывод из эксплуатации атомных электростанций с легководными реакторами.

4. Законодательные нововведения в сфере ядерной безопасности

За последние четыре года законодательство в сфере ядерной энергетики претерпело ряд изменений:

- 1) Королевский декрет 1400/2018 от 23 ноября 2018 г. утверждает процесс Регуляции и управления системой ядерной безопасности и ядерных объектов (RSNIN);
- 2) Королевский указ 451/2020 от 10 марта 2020 года о контроле и утилизации бесхозных радиоактивных источников. Ключевые изменения, касающиеся этого Королевского указа, изложены в статье 28 настоящего Закона;
- 3) Приказ ETU/1185/2017 от 21 ноября 2017 г. регулирует рассекречивание отходов, образующихся на ядерных объектах;
- 4) Королевский указ, устанавливающий единый тариф выплат в пользу ENRESA владельцами атомных электростанций, исчисляемый в размере 0,798 евроцента за киловатт-час. За счет этой льготы финансируются услуги по обращению с отработавшим ядерным топливом и радиоактивными отходами, демонтаж и вывод из эксплуатации объектов, выделение средств муниципалитетам, в которых расположены эти производственные предприятия или хранилища отработавшего топлива или радиоактивных отходов, а также налоги, уплачиваемые в связи с выполнением задачи по хранению.

5. Классификация и реестр РАО в Испании

В испанской классификации радиоактивных отходов насчитывается 5 категорий: очень низкоактивные, низкоактивные, среднеактивные, высокоактивные и особые РАО.

Отходы низкого и среднего уровня активности, включают отходы, уровень активности которых в основном обусловлен присутствием бета- или гамма- нуклидов с

коротким или промежуточным периодом полураспада (менее 30 лет) и с очень низким, ограниченным содержанием долгоживущих радионуклидов. В эту группу входят отходы, которые могут временно храниться, обрабатываться, подготавливаться и утилизироваться на объекте по захоронению отходов Эль-Кабриль в провинции Кордоба. Также сюда входят очень низкоактивные отходы (ОНАО), НАО и САО, с удельной активностью от одного до 100 Бк на грамм, потенциально повышаясь до нескольких тысяч в случае некоторых радионуклидов с низкой радиотоксичностью или в небольших количествах.

Высокоактивные отходы содержат долгоживущие альфа-излучатели с периодом полураспада более 30 лет в значимых концентрациях, которые выделяют тепло в процессе радиоактивного распада, они обладают высокой удельной активностью. Основным элементом этой группы является отработавшее топливо (ОЯТ), выгружаемое из ядерных реакторов, которое в соответствии с политикой Испании причисляется к РАО. В настоящее время оно хранится в бассейнах атомных электростанций и на объектах индивидуального временного хранения (ОИВХ) на некоторых площадках. План на будущее состоит в том, что такие отходы должны быть размещены на хранение в приповерхностном Централизованном временном хранилище после его ввода в эксплуатацию и до их последующего захоронения в Глубинном геологическом хранилище.

Среди РАО выделены т.н. «специальные отходы», относящиеся к составным частям ядерного топлива, источникам нейтронов, используемым внутренними приборами станции или замененным компонентам, полученным из системы корпуса реактора и внутренних компонентов реактора, как правило, металлических, которые из-за радиологических характеристик не могут быть размещены в пункте захоронения Эль Кабриль. Временное хранение и утилизация долгоживущих отходов значительного уровня активности осуществляется по аналогии с ВАО.

6. Практика в области обращения с РАО и ОЯТ

Пункт захоронения НАО, САО и ОНАО на объекте «Эль Кабриль»

С 1992 года в Испании ведется эксплуатация приповерхностного пункта захоронения НАО и САО Эль Кабриль, расположенного в муниципалитете Хорначуэлос на северо-западе провинции Кордоба. Комплекс построен на территории рудника, где с 1961 г. производилось захоронение небольших объемов НАО. Новый комплекс был рассчитан на прием 50 000 м³ некондиционированных РАО или 35 000 м³ кондиционированных РАО. Центр состоит из трех зон: две отведены под захоронение ОНАО и низко- и среднеактивных отходов, одна – для проведения операций по кондиционированию отходов. Отвержденные блоки НАО и САО размещают в камерах приповерхностного пункта захоронения, каждый из которых рассчитан на прием 320 контейнеров. Захоронение ОНАО производится в пункте захоронения полигонного типа. В основном ОНАО представляют собой РАО с удельной активностью в диапазоне от 1 до 100 Бк/г, а главным источником образования таких отходов является проведение работ по ВЭ ядерных установок. Также на территории центра размещена лаборатория по определению качества отверженных РАО.

В июле 2016 г. компания Enresa начала эксплуатацию хранилища № 30 с расчетной вместимостью в 50 000 м³.

В сентябре 2020 г. центр успешно провел ежегодные учения по чрезвычайным ситуациям в соответствии с требованиями, установленными в его Внутреннем плане действий в чрезвычайных ситуациях (PEI).

Согласно текущей оценке специалистов, мощности объекта Эль Кабриль позволят принимать отходы, генерирующиеся в стране, приблизительно до 2030 года.

Проект пункта централизованного промежуточного хранения ОЯТ, ВАО и САО (Вильяр-де-Каньяс)

В 2015 г. началась полномасштабная подготовка к началу сооружения централизованного пункта промежуточного хранения ОЯТ в муниципалитете Вильяр-де-

Каньяс (провинция Куэнке), расположенном в 135 км от Мадрида. Время хранения ОЯТ составит 60 лет – именно к этому сроку планируется ввести в эксплуатацию национальный пункт геологического захоронения ОЯТ и ВАО.

В июле 2018 г. Министерство экологического развития Испании приняло решение аннулировать разрешение на строительство хранилища радиоактивных отходов в Вильяр-де-Каньяс. Запущена процедура по отзыву данного ранее разрешения. Совет по ядерной безопасности был извещен об этом решении Министерства через письменный запрос. Обосновано решение тем, что не разработана стратегия развития страны в области энергетики на ближайшее десятилетие.

Причинами для такого решения стали высокая стоимость проекта, которая вместе с сопутствующей инфраструктурой достигла миллиарда евро, а также замечания в отношении местоположения, выбранного для хранилища РАО (оно не получило полной поддержки со стороны региональных властей и вызывает разногласия специалистов-геологов). Дополнительным фактором стало то, что Министерством экологического развития Испании не была подготовлена оценка воздействия объекта использования атомной энергии на окружающую среду.

Таким образом в настоящий момент в Испании нет хранилища, которое могло бы принимать ВАО. Стратегией предполагается размещение этих материалов во временном сухом хранилище для ОЯТ и ВАО, гарантирующем безопасность людей и окружающей среды. Исходя из экономической целесообразности, было предложено ввести в эксплуатацию хранилище для ОЯТ и ВАО в 2050 году, куда будут помещать и другие РАО, которые нельзя разместить на действующем объекте Эль-Кабриль. Но с 2018 г. развитие проекта поставлено на паузу.

Проект по созданию единого национального пункта захоронения РАО

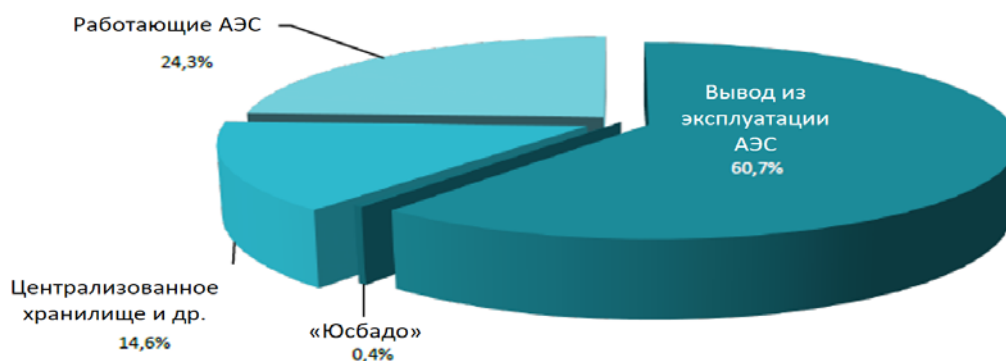
В феврале 2020 г. правительство Испании сообщило о готовности приостановить проект строительства хранилища для радиоактивных отходов в Вильяр-де-Каньяс (Куэнка) в связи с техническими проблемами и потребностью в дополнительных инвестициях, которые потребуются для его возобновления, а также из-за сомнений, связанных с геологическими условиями на этой площадке. Также правительство Испании сообщило о решении начать поиск новых площадок для этой цели. Министерство окружающей среды допускает возможность отказаться от идеи создания единого централизованного хранилища и санкционировать распределение радиоактивных отходов по нескольким объектам.

Министерство окружающей среды не приняло официального решения исключить Вильяр-де-Каньяс из списка кандидатов на создание на данной территории площадки для хранения радиоактивных отходов. Министерство планирует найти альтернативные площадки для строительства хранилища, где радиоактивные отходы смогут находиться в течение 60 - 70 лет.

Правительство отстаивает необходимость строительства централизованного объекта для размещения радиоактивных отходов на длительный срок, сейчас отходы хранятся на собственных складах каждой из атомных электростанций. Сценарий, согласно которому РАО не будут централизованы в едином пункте временного хранения, а будут размещены в двух-трех отдельных объектах в Испании, изучается специалистами.

7. Инвентаризация радиоактивных отходов в Испании

Отходы очень низкой, низкой и средней активности даны в прогнозном выражении.



60,7% – отходы, вырабатываемые при закрытии и окончательном выводе из АЭС эксплуатации;
 24,3% отходов ОНАО, НАО и САО как результат эксплуатации АЭС;
 14,6% ОНАО, НАО и САО размещаются в централизованных хранилищах, на приреакторных площадках АЭС, а также на территориях различных лицензированных ядерных установок;
 0,4% завод по изготовлению твэлов в Саламанке (“Juzbado”)

Также значительное количество отходов было накоплено в Испании в результате добычи урана и производства концентратов (порядка 75 млн. тонн рудных отходов и около 14 млн. тонн технологических отходов), с низким содержанием радиоактивных веществ. В большинстве случаев стабилизация отходов «на месте» до сих пор была предпочтительным методом обращения.

Инвентаризационные данные по РАО (очень низкоактивных, низко- и среднеактивных) по объектам, на конец 2019 г.:

Наименование объекта	Тип объекта	Тип отходов	Объем отходов (м³)
АЭС Альмараз I - II, Касерес	АЭС	ОНАО	682
		НСАО	1 367
АЭС Вандельос II, Таррагона	АЭС	ОНАО	186
		НСАО	268
АЭС Аско I-II, Таррагона	АЭС	ОНАО	744
		НСАО	616
АЭС Кофрентес, Валенсия	АЭС	ОНАО	871
		НСАО	1 342
АЭС Санта М. Гарона, Бургос	АЭС	ОНАО	370
		НСАО	650
АЭС Трилло, Гвадалахара	АЭС	ОНАО	53
		НСАО	131
АЭС Хосе Кабрера	АЭС	ОНАО	413
		НСАО	32
		Специальные отходы	31
АЭС Вандельос II, Таррагона	АЭС	ОНАО	756
		НСАО	1 582
		Специальные отходы	158
Завод «Юсбадо», Саламанка	Завод по производству твэлов	ОНАО	196
		НСАО	69

СИМАТ Центр энергетических, экологических и технологических исследований, Мадрид	Исследовательский центр	ОНАО	137
		НСАО	20
Объект захоронения РАО «Эль-Кабриль», Кордоба	Временное хранилище	ОНАО	2 828
		НСАО	719
	Пункт приповерхностного захоронения	ОНАО	17 383
		НСАО	34 471

Инвентаризационные данные по ОЯТ (класс ВАО), накопленному в Испании на 31 декабря 2019 г.

<i>Наименование объекта</i>	<i>Характеристика твс</i>	<i>Общая вместимость/ степень заполнения</i>	<i>Накопленное ОЯТ, О ТВС</i>	<i>Накопленное ОЯТ, тU</i>
АЭС Альмараз-1	PWR 17x17	1804/157	1 512	697
		20 резервуаров на 32 корзины с ОТВС	64	30
АЭС Альмараз-II	PWR 17x17	1804/157	1 564	722
АЭС Вандельос-II	PWR 17x17	1594/157	1 332	606
АЭС Аско-I	PWR 17x17	1421/157	1 096	502
		16 резервуаров на 32 корзины с ОТВС	384	174
АЭС Аско-II	PWR 17x17	1421/157	1 164	534
		16 резервуаров на 32 корзины с ОТВС	288	131
АЭС Кофрентес	BWR 8x8, 9x9	5404/624	4 736	851
АЭС Санта М. Гарона	BWR 8x8, 9x9	2609/400	2 505	404
АЭС Хосе Кабрера	PWR 14x14	12 резервуаров на 32 корзины с ОТВС	377 (12 корзин)	100
АЭС Трилло	PWR 16x16	805/177	556	263
		80 резервуаров, на 32 корзины по 21 ОТВС и на 48 корзин по 32 ОТВС	736	347

КАНАДА

Тип отходов	Накопленный объем отходов (в м ³) по состоянию на 31 декабря 2019
ОЯТ	12 718
САО	15 681
НАО	2 075 022

Стратегия обращения с отработанным ядерным топливом в стране – прямое захоронение без предварительной переработки.

Ответственные институты в сфере обращения с РАО

Специализация	Уполномоченная структура
Государственное управление в сфере обращения с ОЯТ и РАО	Министерство природных ресурсов Канады, NRCan
Ответственность за реализацию процесса захоронения ОЯТ и РАО в Канаде. Задачи: разработка проекта, НИОКР, лицензирование, строительство	Организация по обращению с радиоактивными отходами, NWMO
Эксплуатация пунктов захоронения радиоактивных отходов	Компания Онтарио Пауэр Дженерейшн, OPG
Государственный регулятор в сфере безопасности использования атомной энергии	Комиссия по ядерной безопасности Канады, CNSC
Государственный регулятор в сфере охраны и защиты окружающей среды	Министерство охраны окружающей среды
Государственное регулирование в области радиационной защиты	Министерство здравоохранения

1. Общая характеристика ядерной отрасли Канады.

Около 15% всей электроэнергии Канады вырабатывается за счет атомной энергетики на 4 АЭС (19 реакторов Candu), расположенных в основном в Онтарио. Ядерные реакторы суммарно обеспечивают выработку 13,5 ГВт мощности⁹. Ранее Правительство Канады планировало расширение ядерных мощностей в течение следующего десятилетия до 2030 года за счёт строительства двух новых реакторов, однако на данный момент эти планы отложены на неопределённый срок.

На протяжении многих лет Канада является лидером в области ядерных исследований и технологий, экспортируя национальные реакторные системы (тяжеловодный реактор Candu¹⁰), а также значительную долю мировых поставок радиоизотопов, используемых в медицинской диагностике и терапии рака.

В настоящее время в 7 странах мира действуют 34 энергетических реактора Candu, а также 13 реакторов «производных Candu» в Индии, и еще больше находятся в процессе сооружения. Канада экспортирует как реакторные системы Candu (Южная Корея - 4, Румыния - 2, Индия - 2, Пакистан - 1, Аргентина - 1 и Китай – 2), так и услуги, в т.ч. инжиниринговые, для их строительства и эксплуатации.

АЭС	Реактор	Тип реактора	Мощность (МВт)	Ввод в эксплуатацию (год)
Брюс	Брюс-1	PHWR	732	1977
	Брюс-2	PHWR	732	1976

⁹ По состоянию на конец 2021 года, Ядерная энергетика Канады, Всемирная ядерная организация, URL: <https://world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-a-f/canada-nuclear-power.aspx>.

¹⁰ Candu - Canada deuterium uranium - Канадский дейтерий-урановый.

	Брюс-3	PHWR	750	1977
	Брюс-4	PHWR	750	1978
	Брюс-5	PHWR	822	1984
	Брюс-6	PHWR	822	1984
	Брюс-7	PHWR	822	1986
	Брюс-8	PHWR	795	1987
Дарлингтон	Дарлингтон-1	PHWR	881	1990
	Дарлингтон-2	PHWR	881	1990
	Дарлингтон-3	PHWR	881	1992
	Дарлингтон-4	PHWR	881	1993
Пикеринг	Пикеринг-1	PHWR	508	1971
	Пикеринг-4	PHWR	508	1973
	Пикеринг-5	PHWR	516	1982
	Пикеринг-6	PHWR	516	1983
	Пикеринг-7	PHWR	516	1984
	Пикеринг-8	PHWR	516	1986
Поинт-Лепро	Поинт-Лепро	PHWR	660	1982

2. Политика в отношении РАО и ОЯТ. Классификация радиоактивных отходов

Вопросы атомной промышленности и обращения с радиоактивными материалами в Канаде находятся под юрисдикцией Правительства страны. Канадская служба природных ресурсов (NRCan) разрабатывает проект Государственной Политики в сфере атомной энергетики, в том числе, в сфере обращения с радиоактивными отходами. Документ должен определить функции и обязательства в отношении РАО Правительства, производителей и их владельцев. Федеральное правительство обязано обеспечить безопасный, экологически чистый и оптимальный с экономической точки зрения процесс обращения с радиоактивными отходами. Правительство отвечает за разработку политики, регулирование и надзор за производителями и владельцами РАО в целях обеспечения соблюдения ими требований законодательства и выполнения своих финансовых и эксплуатационных обязанностей в соответствии с утвержденным планом по обращению с РАО.

Руководствуясь принципом «загрязнитель платит», производители и владельцы РАО отвечают за финансирование, организацию, управление и эксплуатацию хранилищ, объектов финальной изоляции и иных установок, необходимых для утилизации их отходов. При этом признается, что договоренности могут быть различными как в отношении РАО, так и ОЯТ, а также и урановых «хвостов».

В документе «Основы обращения с радиоактивными отходами и вывода из эксплуатации в Канаде» (REGDOC-2.11) дается определение РАО как материала (в жидком, газообразном или твердом состоянии), содержащего радиоактивное вещество (§ 2), и, по заявлению владельца, являющегося отходами. Помимо того, что радиоактивные отходы содержат ядерные вещества, они могут также содержать нерадиоактивные опасные вещества, как это определено в разделе 1 «Общего положения о ядерной безопасности и контроле».

Учитывая, что Канада имеет крупные месторождения природного урана, ядерная промышленность в настоящее время не считает необходимым перерабатывать ОЯТ. Поэтому в соответствии со статьей 3(1) Объединенной конвенции МАГАТЭ Канада заявляет, что деятельность по переработке отработавшего ядерного топлива не является частью программы по обращению с ОЯТ.

Канадская ассоциация стандартов в сотрудничестве с промышленными компаниями, представителями правительства и Комиссией по ядерной безопасности Канады разработала стандарт, включающий систему классификации радиоактивных отходов (CSA

N292.0, «Общие принципы обращения с радиоактивными отходами и облученным топливом»), в соответствии с общим руководством МАГАТЭ по безопасности GSG-1 – «Классификация радиоактивных отходов», а также потребностями канадской промышленности. Новейшее издание документа было опубликовано в 2019 г.

В CSA N292.0-19 признаются четыре основных класса радиоактивных отходов:

- высокоактивные радиоактивные отходы (ВАО);
- среднеактивные радиоактивные отходы (САО);
- низкоактивные радиоактивные отходы (НАО);
- урановые «хвосты».

Высокоактивные РАО (ВАО)

ВАО — это использованное или облученное ядерное топливо, которое было причислено к радиоактивным отходам со значительным тепловыделением в процессе радиоактивного распада (обычно более 2 кВт/м³). Уровни концентрации активности обычно варьируются от 104 до 106 ТБк/м³.

Объем и доля накопленных ВАО в Канаде (по данным на 31 декабря 2019 г.)

Категория отходов	Объем (на 31 декабря 2019)	Процент от общего количества РАО
ВАО	12718 м ³	0,6%

В Канаде «облученное ядерное топливо» или «отработанное ядерное топливо» являются более точными терминами для обозначения ОЯТ. Размещение в глубоких, стабильных геологических формациях считается предпочтительным вариантом долгосрочного обращения с ВАО подобного рода.

Урановые хвосты - особый вид радиоактивных отходов, образующихся при добыче и переработке урановой руды и производстве уранового концентрата. В целом, долгосрочное хранение отходов в приповерхностных зонах, прилегающих к рудникам, является единственным практическим вариантом обращения с такими отходами, учитывая большие объемы «хвостов», образующиеся в ходе горно-обогатительных работ.

3. Практика обращения с РАО

Радиоактивные отходы медицинских и образовательных учреждений обычно отправляются в Лаборатории Чок-Ривер (CRL) для захоронения. Эти хранилища представляют собой экранированные надземные склады и бетонные бункеры с отверстиями под закладку контейнеров с отходами.

Канадские методы обращения с радиоактивными отходами аналогичны методам, применяемым в других странах.

Поскольку в Канаде пока нет пунктов захоронения радиоактивных отходов, основное внимание уделяется минимизации, сокращению объема, кондиционированию и промежуточному или долгосрочному хранению отходов. Все образующиеся в настоящее время радиоактивные отходы хранятся таким образом, чтобы их можно было извлечь в случае необходимости.

Как и любые объекты атомной отрасли, установки по обращению с радиоактивными отходами должны быть лицензированы Комиссией по ядерной безопасности Канады (CNSC) и соответствовать всем нормам регулятора и лицензионным условиям. Цель введения унифицированной отраслевой системы менеджмента РАО - контроль и предотвращение выбросов потенциально вредных веществ в окружающую среду.

В соответствии с существующей Государственной Политикой в отношении радиоактивных отходов Канада применяет различные подходы к обращению с ВАО, САО,

НАО и урановыми «хвостами». Разрабатываются и реализуются долгосрочные стратегии в отношении обращения с историческими НАО в регионах их местонахождения.

Корпорации AECL и OPG (эксплуатирующие 20 из 22 канадских реакторов) являются владельцами РАО и несут ответственность за 99% ежегодно накапливаемого объема САО и НАО.

Два оставшихся реактора CANDU (принадлежащие NB Power Н-Q и предприятию по переработке и конверсии урана в Онтарио Cameco) производят большую часть оставшихся отходов. Владельцы НАО и САО обязаны получать лицензию Комиссии по ядерной безопасности Канады на управление и эксплуатацию промежуточных хранилищ для своих РАО.

Деятельность, связанная с обращением с унаследованными (историческими) РАО и обязательствами по выводу из эксплуатации объектов Atomic Energy Canada Limited (AECL) проводится под руководством Канадских ядерных лабораторий (Canadian Nuclear Laboratories, CNL) в рамках правительственного соглашения. В настоящее время в Канаде разрабатывается проект создания двух пунктов приповерхностного захоронения РАО в районе Порта Хоуп и Грэнби для финальной изоляции НАО «ядерного наследия». Инициативу принять участие в этом проекте в качестве региона, предоставляющего площадку для размещения ППЗРО, первым выдвинул муниципалитет Порта Хоуп, а затем к ней присоединилось сообщество Порта Грэнби. Цель проекта состоит в том, чтобы кондиционировать и безопасно захоронить 1,7 м³ исторических НАО компании Eldorado Nuclear Limited (бывшей Canadian Crown Corporation), накапливавшихся с 1933 по 1988 гг. На реализацию проекта выделено 1,28 млрд долларов США государственных субсидий. В рамках одной инициативы планируется реализация двух проектов ППЗРО в штате Онтарио: “Port Hope” и “Port Granby” – оба на берегу одноименного озера. Разработчики проекта гарантируют обеспечение безопасности захоронения. Размещение этих двух ППЗРО не окажет влияния на привычный уклад жизни местных сообществ, а кондиционирование и финальная изоляция 1,7 м³ накопленных РАО впоследствии положительно повлияет на экологию региона.

Карта планируемого расположения

двух ППЗРО в штате Онтарио



Макет планируемого ППЗРО

в Port Hope и Port Granby

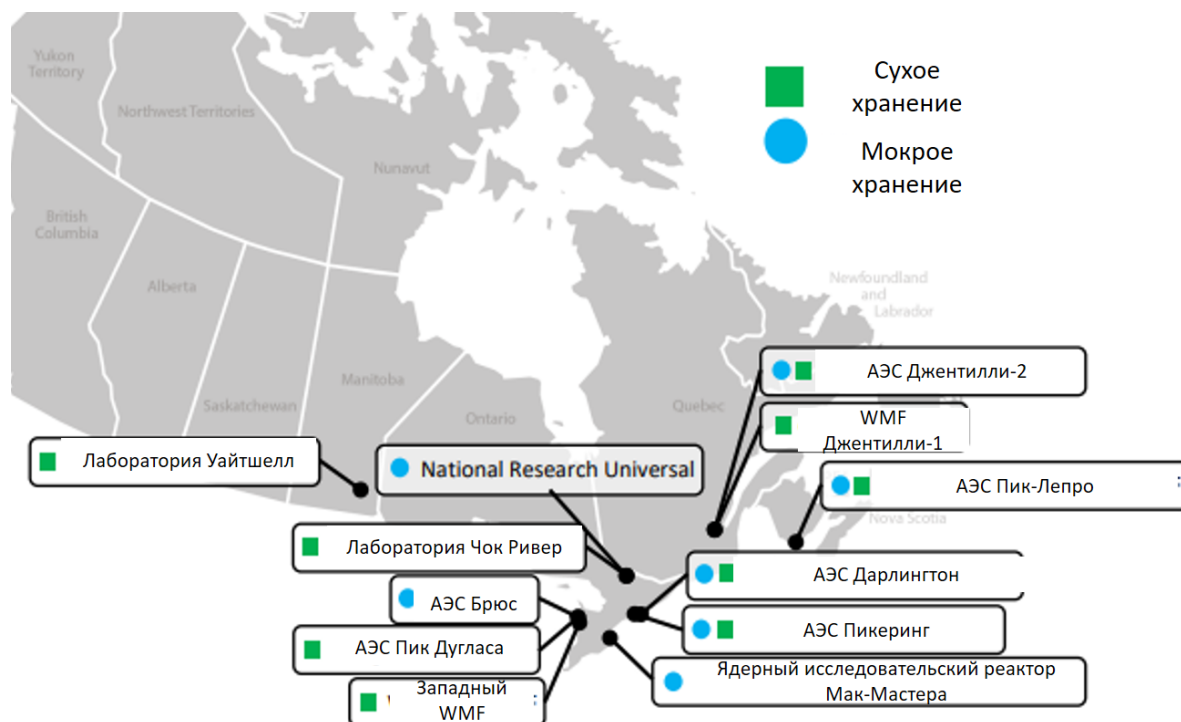
4. Практика обращения с ОЯТ

В соответствии с действующей нормативно-правовой базой Канады ОЯТ признаны одной из форм радиоактивных отходов, таким образом, законодательство и политика в области обращения с радиоактивными отходами применяются в равной степени как к ОЯТ, так и другим формам РАО.

В Канаде принята практика мокрого и сухого хранения ОЯТ. После нескольких лет охлаждения в бассейне выдержки ОЯТ (от 6 до 10 лет в зависимости от потребностей конкретной площадки и институционального административного контроля), ОЯТ может быть перемещено в сухое хранилище. Процесс перемещения ОЯТ в сухое хранилище проходит под наблюдением со стороны специалистов МАГАТЭ. ОЯТ, помещенное в промежуточное хранилище, также находится под контролем специалистов МАГАТЭ.

На каждой приреакторной площадке АЭС в Канаде достаточно места для хранения всего ОЯТ, произведенного в течение срока ее эксплуатации. Ядерный реактор CANDU мощностью 600 МВт ежегодно производит около 90 тонн ОЯТ (тТМ).

Схема размещения сухих и мокрых хранилищ ОЯТ на карте Канады



В Канаде весь объем ОЯТ хранятся на площадке, где он был произведен, за следующими исключениями:

- небольшое количество ОЯТ транспортируется на исследовательские объекты для экспериментальных и научных целей, дальше начинает храниться на этих объектах;
- ОЯТ исследовательского реактора (Nuclear Power Demonstration) размещается в сухом хранилище на площадке Лаборатории Чок-Ривер.

Инвентаризация ОТВС, размещенных в мокрых хранилищах, и соотношение содержащегося в них урана, по объектам (данные на 31 декабря 2019 г.)

Учреждение	Количество элементов отработанного топлива в мокром хранении	Килограммы урана ^[1]
АЭС Брюс	736 290	13 942 460
АЭС Дарлингтон	340 392	6 518 918
АЭС Джентилли-2	5 725	109 264
Ядерный исследовательский реактор Мак-Мастера	13	13
National Research Universal ^[2]	804	2 646
АЭС Пикеринг	428 809	8 458 694
АЭС Пик-Лепро	3 346	636 805

1 – включает в себя натуральный, обедненный, обогащенный уран, плутоний и торий в отработанном топливе

2 – указан как топливные элементы, стержни, узлы и/или иначе

5. Законодательная и нормативная системы в области обращения с РАО и ОЯТ в Канаде

Для регулирования ядерной отрасли Канады используются следующие нормативные акты об обращении с РАО и ОЯТ:

- Закон о ядерной безопасности и контроле;
- Закон о ядерной энергии;
- Закон о ядерных топливных отходах;
- Закон об отработанном ядерном топливе;
- Закон о ядерной ответственности и компенсации.

Атомная промышленность также подпадает под действие Закона об оценке воздействия (ИАА), Канадского Закона об охране окружающей среды (СЕРА).

Закон о ядерной безопасности и контроле NSCA является основным законодательным актом, в котором рассматриваются вопросы безопасности.

Закон об отработанном ядерном топливе определяет владельцев ОЯТ ответственными за разработку долгосрочных подходов к обращению с ОЯТ; обязует создать отдельное юридическое лицо - организацию по обращению с ОЯТ для управления всем спектром деятельности по долгосрочному обращению с ОЯТ; обязует владельцев ОЯТ создать целевые фонды в форме независимых финансовых учреждений для оплаты по контрактам на услуги по долгосрочному обращению с ОЯТ; обязует учитывать мнение представителей общественности, полученное в ходе консультаций по способам обращения с ОЯТ.

В рамках Закона об отработанном ядерном топливе правительство Канады отвечает и за анализ исследований, подготовленных единым оператором по обращению с РАО (ОЯТ=РАО), а также за выбор варианта долгосрочного захоронения и за обеспечение надзора в ходе осуществления этой программы.

Закон о ядерной ответственности и компенсации вступил в силу 1 января 2017 г., взамен Закона о ядерной ответственности. Закон о ядерной ответственности и компенсации устанавливает правовой режим, который будет применяться в случае возникновения ядерного инцидента, который может повлечь за собой ущерб для гражданского населения.

В декабре 2018 г. Комиссия по ядерной безопасности Канады (CNSC) выпустила нормативный документ REGDOC-2.11 «Нормы по обращению с радиоактивными отходами и выводу из эксплуатации атомных станций и иных объектов атомной отрасли Канады». REGDOC-2.11 служит основой для всей серии регулирующих документов Комиссии по ядерной безопасности Канады по обращению с РАО. В документе изложены согласующиеся с федеральной политикой принципы, которые регулируют деятельность по обращению с РАО. В REGDOC-2.1 определяется необходимость создания и использования программы долгосрочного обращения с радиоактивными и опасными отходами, образовавшимися в ходе лицензированной деятельности. В REGDOC-2.11 радиоактивные отходы определяются как любая форма отходов, содержащая ядерное вещество, в соответствии с этим всеобъемлющим определением к категории радиоактивных отходов можно отнести и ОЯТ.

6. Регулирующий орган

Закон о ядерной безопасности и контроле учредил орган под названием «Канадская комиссия по ядерной безопасности».

Комиссия по ядерной безопасности Канады осуществляет свою деятельность в полном соответствии с нормативной базой в области обращения с РАО и ОЯТ и вывода объектов использования атомной энергии из эксплуатации.

Комиссия по ядерной безопасности Канады проводит, в т.ч., исследования в области создания глубинных геологических хранилищ для РАО (с 1978 г.). В 2008 г. в целях поддержки инициатив по развитию концепции глубинных геологических хранилищ в Канаде была реализована Программа скоординированных исследований и анализа. В

рамках этой программы Комиссия по ядерной безопасности Канады сотрудничала с рядом различных канадских и международных организаций в целях получения экспериментальных данных и разработки математических моделей, изучения свойств бентонита как изолирующего материала и проверки некоторых аспектов стабильности геосферы, с тем чтобы оценить долгосрочную эффективность ПГЗРО.

В сентябре 2019 г. МАГАТЭ направило в Канаду миссию IRRS (Integrated Regulatory Review Service - Объединенной системы регуляторов). Миссия пришла к выводу о том, что в стране разработаны и введены в действие всеобъемлющие рамки обеспечения ядерной и радиационной безопасности. В резюме исследования содержится рекомендация Правительству Канады доработать существующую Политику с помощью создания стратегии по реализации принципов обращения с радиоактивными отходами.

7. Общие вопросы безопасности. Безопасность обращения с РАО и ОЯТ

В соответствии с «Актом о безопасности и контроле в атомной отрасли» ответственность за безопасное обращение с ОЯТ и РАО в стране лежит на лицензиате и связанных с ним организациях, лицензиат не может делегировать эту ответственность другим лицам или организациям. Подобная ответственность подразумевает обладание необходимыми человеческими и финансовыми ресурсами для выполнения своей деятельности. Лицензиаты обязаны соблюдать все нормативные требования и акты, соответствующие выполняемой деятельности, в том числе действовать в рамках применимых законов.

Организация по обращению с радиоактивными отходами Канады (Nuclear Waste Management Organization, далее - NWMO) участвует в проектах на международном уровне в целях поддержания уровня профессиональных компетенций и обмена информацией в области обращения с РАО. NWMO сотрудничает со многими международными и национальными организациями по обращению с радиоактивными отходами таких стран как Швеция, Финляндия, Швейцария, Франция, Япония, Республика Корея и Великобритания.

В Канаде в отношении ОЯТ и РАО работает принцип «загрязнитель платит», этот принцип подразумевает, что владельцы отходов несут финансовую ответственность за надлежащее обращение с ними. Правительство создало механизмы, чтобы эта финансовая ответственность не ложилась на канадскую общественность. Этот механизм был документально закреплён в Политике Правительства Канады в отношении обращения с радиоактивными отходами.

В 2016 г. Комиссии по ядерной безопасности Канады издала документ «Захоронение радиоактивных отходов и вывод объектов атомной отрасли из эксплуатации» (DIS-16-03) с целью получения о нем отзывов. По итогу этих консультаций специалисты Комиссии по ядерной безопасности кодифицировали существующие нормативные требования и руководящие принципы и разработали новый проект Нормативного документа «Захоронение радиоактивных отходов и вывод объектов атомной отрасли из эксплуатации», основанного на прошлых редакциях документа, опыте работы, а также на национальных и международных руководящих принципах и передовой практике в этих областях с учетом специфики работы канадской системы по обращению с радиоактивными отходами.

Таким образом было обеспечено соответствие нормативной базы Комиссии по ядерной безопасности Канады международным руководящим принципам и передовой практике, а также Политике правительства Канады.

8. Международное сотрудничество в области обращения с РАО

Канада является участницей Договора о нераспространении ядерного оружия. В соответствии с этим договором Канадой также заключено межправительственное

соглашение с Международным агентством по атомной энергии о взаимных гарантиях в связи с участием в этом договоре.

Комиссия по ядерной безопасности Канады участвует в работе ряда платформ и международных групп, которые обмениваются информацией и знаниями о методиках финального захоронения радиоактивных отходов в глубинных геологических хранилищах, в т.ч. в работе Форума регуляторов ПГЗРО (Deep Geological Repository Regulatory Forum), направленной на совершенствование процесса поэтапного лицензирования ПГЗРО.

Комиссия по ядерной безопасности Канады участвует в работе различных групп в рамках Агентства по ядерной энергии Организации экономического сотрудничества по рассмотрению стратегических и политических аспектов создания ПГЗРО.

Комиссия по ядерной безопасности Канады сотрудничает со Швейцарской федеральной инспекцией по ядерной безопасности и Французским институтом радиационной защиты и ядерной безопасности в сфере обмена информацией об исследовательской работе, проводимой в целях создания пунктов глубинного геологического захоронения РАО.

Специалисты Комиссии по ядерной безопасности Канады участвуют в нескольких международных совместных программах, которые проводят исследования в пунктах глубинного геологического захоронения РАО, в том числе:

DECOVALEX-2023 (разработка взаимосвязанных моделей и их утверждение по итогам экспериментов). Этот проект ставит перед исследователями задачу экспериментального моделирования развития событий, которые могут иметь место в геологических хранилищах;

TENOR - в рамках этого проекта проводятся эксперименты в подземных исследовательских лабораториях по проникновению и циркуляции воды или газа в бентоните и трещиноватых гранитоидных породах. Также проводятся эксперименты по исследованию свойств вмещающей породы с помощью математического моделирования;

SITEX II - Сети независимых технических экспертов в области захоронения радиоактивных отходов, которая является форумом для регулирующих органов, организаций технической поддержки и групп гражданского общества по вопросам безопасного обращения с радиоактивными отходами.

КИТАЙ

Стратегия обращения с ОЯТ и РАО

Долговременное хранение РАО с намерением построить пункт геологического захоронения долгоживущих САО и ВАО.

Реестр РАО, предназначенных для захоронения

ПЗРО	Полученные РАО (м ³)	Итоговая активность (Бк)
Северо-западное ПЗРО для НАО и САО	11 408,36	4,81 E+14
Гуандон Бейлон ПЗРО для НАО и САО	2 116,04	1,00 E+14
Итого	13 524,40	5,81 E+14

Организационные аспекты

Орган государственного управления в области обращения с ОЯТ и РАО	Китайская национальная ядерная корпорация (CNNC) – крупное государственное предприятие, образованное в соответствии с решением Государственного Совета КНР.
Организация, ответственная за реализацию проекта по захоронению РАО (разработка проекта, НИОКР, лицензирование, строительство, эксплуатация)	BRIUG – Пекинский университет геологии урана

Основные регулирующие органы

Орган государственного регулирования безопасности в области атомной энергии	Национальное Управление по ядерной безопасности Китая (NNSA)
---	--

В Китае проводится стратегическая политика «экономичного, чистого и безопасного» развития энергетики. С этой целью Китай стремится постепенно снизить долю потребления угля и увеличить долю потребления природного газа, а также существенно увеличить долю потребления возобновляемых источников энергии, таких как энергия ветра, солнечная энергия, геотермальная энергия и ядерная энергия.

В 21 веке правительство Китая продолжило политику «энергичного» и «эффективного» развития ядерной энергетики на основе обеспечения безопасности, в соответствии со Среднесрочным планом развития ядерной энергетики на 2005–2020 годы, символизирующий новый этап крупномасштабного развития ядерной энергетики в Китае.

1. Общая характеристика ядерной энергетики Китая и надзорные органы

По состоянию на 30 июня 2020 г. в Китае насчитывается 47 действующих атомных энергоблоков и 11 строящихся атомных энергоблоков. В 2019 г. на долю атомной энергетики приходилось 4,88 % от общего объема электроэнергии, и в 2019 г. к сети были подключены два энергоблока (Янцзян-6 и Тайшань-2).

Согласно 8 Национальному докладу Китая в соответствии с Конвенцией о ядерной безопасности и Ежегодному отчету об эксплуатации и строительстве объектов атомной энергетики за 2019 г. для Китайской ассоциации ядерной энергетики за период с 2015 по 2019 гг., доля производства тепловой энергии в Китае постепенно снижалась, снизившись с 74,94% в 2015 году до 72,32% в 2019 году; доля электроэнергии, вырабатываемой за счет энергии ветра и солнечной энергии, увеличилась с 2,99% в 2015 году до 6,65% в 2019 году; а доля ядерной энергии увеличилась с 3,04% в 2015 году до 4,88% в 2019 году.

Существует четыре компетентных правительственных ведомства, осуществляющих надзор за ядерной энергетикой: Управление по атомной энергии Китая (САЕА); Национальное управление по энергетике (NEA); Министерство экологии и окружающей

среды /Национальное управление ядерной безопасности (MEE/NNSA); и Национальная комиссия здравоохранения.

САЕА является компетентным органом атомной промышленности. Оно отвечает за обсуждение и разработку политики, правил, стратегий, планов и промышленных стандартов для мирного использования ядерной энергии Китаем. Оно отвечает за связь и сотрудничество по ядерным вопросам с правительствами и международными организациями, а также отвечает за планирование, надзор, рассмотрение и утверждение в отрасли ядерного топливного цикла. Оно берет на себя ведущую роль в решении вопросов управления ядерными авариями.

NEA является национальным управляющей организацией для всей энергетической отрасли. Оно отвечает за разработку и реализацию планов развития, условий доступа и технических стандартов для ядерной энергетики, подготовку аудиторского заключения для крупных проектов в области ядерной энергетики, организацию координации и руководства исследованиями в области ядерной энергетики и организацию управления аварийными ситуациями на АЭС после потенциальных ядерных инцидентов.

MEE/NNSA является регулирующим органом Китая в области ядерной безопасности. Оно осуществляет единый надзор за ядерной безопасностью АЭС Китая. Оно также осуществляет надзор и управление охраной окружающей среды на АЭС Китая путем выдачи или отзыва лицензий в качестве одной из своих основных мер, а также осуществляет инспекцию АЭС, ядерных материалов и ядерной деятельности.

MEE/NNSA контролирует следующую деятельность, связанную с безопасностью обращения с ОЯТ и РАО:

- (1) рассмотрение и утверждение программ обеспечения качественного и безопасного обращения с ОЯТ и РАО, а также правил и руководств по безопасности;
- (2) надзор за выполнением программ обращения с РАО и ОЯТ с точки зрения ядерной безопасности; выборочный контроль пунктов их хранения;
- (3) технический надзор за основными случаями несоблюдения правил безопасности и за эффективным решением подобных проблем.

Организации, специализирующиеся на хранении, кондиционировании и захоронении ОЯТ и РАО, обращаются к NNSA для получения лицензии на хранилища ОЯТ или на пункт захоронения РАО. Если пункт хранения строится вместе с ядерной установкой для собственного ОЯТ или РАО, подавать заявку на получение лицензии отдельно не требуется.

Еще один надзорный орган в секторе ядерной энергетики – это Национальная комиссия здравоохранения. Она совместно с соответствующими органами власти разрабатывает законы и нормативные акты по предотвращению профессиональных заболеваний, связанных с радиоактивными веществами, организации и координации национальной медицинской готовности и спасения в чрезвычайных ситуациях, связанных с ядерной деятельностью, и приводит местные департаменты здравоохранения в надлежащую медицинскую готовность в чрезвычайных ситуациях.

Государственное управление по охране труда отвечает за проведение гигиенических экспертиз и участвует в принятии решений о выборе площадки и проектировании для вновь построенных, расширенных и реконструированных проектов атомной энергетики.

В настоящее время тремя ключевыми государственными предприятиями, занимающимися атомной энергетикой, являются CNNC, CGN и SPIC. CNNC и CGN эксплуатируют большинство атомных энергоблоков. SPIC в основном занимается внедрением, освоением, исследованиями и разработками, передачей, применением и продвижением технологий ядерной энергетики третьего поколения.

В Китае расходы, необходимые ежегодно для осуществления безопасной эксплуатации ядерных объектов, включая объекты по обращению с отработавшим топливом и радиоактивными отходами, несут операторы таких ядерных объектов. Для пунктов захоронения радиоактивных отходов, которые закрыты в нормальном режиме,

необходимые расходы для обслуживания после закрытия, мониторинга и аварийного реагирования покрываются за счет сборов, взимаемых с производителей отходов.

2. Законодательная база в области обращения с радиоактивными отходами

Закон о ядерной безопасности был рассмотрен Всекитайским собранием народных Представителей Китайской Народной Республики и введен в действие с 1 января 2018 года.

Закон Китайской Народной Республики о предотвращении и контроле радиоактивного загрязнения устанавливает требования к обращению с радиоактивными отходами, обеспечивая правовую поддержку программам обращения с РАО. Закон гласит, что для предотвращения и контроля радиоактивного загрязнения государство осуществляет строгий контроль, уделяя приоритетное внимание безопасности, создавая таким образом эффективную систему мониторинга радиоактивного загрязнения. Административный департамент по охране окружающей среды при Государственном совете осуществляет общенациональный скоординированный надзор и управление в области защиты и предотвращения радиоактивного загрязнения. Операторы АЭС подают заявки на выбросы радионуклидов в департамент, ответственный за оценку воздействия на окружающую среду, и периодически сообщают о результатах соответствующих измерений. Радиоактивные жидкие отходы, которые не могут быть выпущены в окружающую среду, подлежат надлежащей утилизации или хранению. АЭС Китая располагают достаточным оборудованием для хранения отходов, образующихся при нормальной эксплуатации и прогнозируемых событиях эксплуатации. При переработке отходов исключается хранение чрезмерное количество некондиционированных отходов. Запись и данные об отходах хранятся в соответствии с соответствующими законами и правилами. Твердые радиоактивные отходы низкого и среднего уровня активности захораниваются в приповерхностных пунктах; твердые высокорadioактивные отходы должны быть изолированы в глубинном пункте захоронения.

АЭС разрабатывают и внедряют Схему обращения с РАО и меры, касающиеся переработки, хранения и утилизации РАО, эффективного ограничения выбросов радиоактивных жидкостей. Департамент радиоактивной защиты АЭС реализует программу мониторинга окружающей среды, которая контролирует и оценивает радиологическое воздействие потенциального радиоактивного выброса на окружающую среду.

В Китае свод законов, постановлений и стандартов в области обращения с радиоактивными отходами включает в себя широкий круг мер по осуществлению безопасности обращения с радиоактивными отходами для достижения целей защиты людей, общества и окружающей среды в борьбе с радиологическими и иными опасностями.

Положение о безопасном обращении с радиоактивными отходами, принятое в 2012 г., определяет порядок утилизации, хранения, переработки и обращения с радиоактивными отходами. В нем говорится, что надлежащее обращение с радиоактивными отходами соответствует принципам сокращения производства РАО, надлежащего обращения с ними в условиях обеспечения безопасности. Министерство экологии и защиты окружающей среды отвечает за надзор за безопасностью и обращение с радиоактивными отходами по всей стране и участвует в создании национальной информационной системы по обращению с радиоактивными отходами совместно с департаментами, отвечающими за ядерную промышленность, и другими департаментами в целях обмена информацией.

В настоящее время подготовлен проект Руководства по минимизации радиоактивных отходов атомных электростанций, ожидается обсуждение. Меры по минимизации включают сокращение объемов образования РАО и их возможную переработку. Организации, эксплуатирующие АЭС, обязаны обеспечить контроль за грязными выбросами и сбросами, образующимися при нормальной эксплуатации АЭС, а также соответствие РАО, предназначенных для захоронения, критериям приемлемости. При этом количество РАО должно быть настолько низким, насколько это разумно достижимо.

Руководство направлено на снижение доз радиоактивного облучения человека, снижение радиоактивности, количества производимых радиоактивных материалов и снижение затрат в ходе обращения с РАО.

В программе по ядерной безопасности Китая четко указано, что его конкретной целью является создание передовой и высокоэффективной системы переработки, хранения и утилизации отходов, адаптированной к уровню развития атомной промышленности. По сути, он направлен на полную финальную изоляцию низко- и среднеактивных отходов в связи с развитием атомной промышленности. Долгосрочная цель состоит в том, чтобы устранить радиоактивное загрязнение во всех аспектах, устранить все возможные риски физической и ядерной безопасности, связанных с имеющимися в наличии радиоактивными отходами, завершить строительство подземной исследовательской лаборатории и воплотить проект захоронения высокоактивных отходов.

3. Лицензирование

В Китае внедрена система лицензирования безопасности ядерных объектов, обращение с РАО и ОЯТ без лицензии запрещено. МЕЕ/ННСА несет ответственность за выдачу лицензии на создание ядерных объектов, включая утверждение места их размещения. Эксплуатирующие организации, занимающиеся исключительно переработкой, хранением и захоронением радиоактивных отходов, обязаны подать заявку в МЕЕ/ННСА на получение лицензии на такую деятельность, с предоставлением пакета документов согласно законодательству (ОВОС, аналитические отчеты, итоговые отчеты по обоснованию безопасности, анализ безопасности на площадке для обеспечения требований оценки технологий ядерной безопасности, программы контроля качества ядерных установок, программу ввода в эксплуатацию ядерных объектов, планы действий в аварийных ситуациях при ядерных авариях и другие сопутствующие документы до начала строительства и эксплуатации).

В рамках лицензионного законодательства все ядерные объекты, такие как хранилища ОЯТ на объекте (т.е. бассейны ОЯТ и сухое хранение) и вне реакторные хранилища ОЯТ, построенные для АЭС и исследовательских реакторов, проходят процедуры научной демонстрации и лицензирования.

Эксплуатирующие объекты обращения с РАО организации должны сообщать МЕЕ/ННСА о количестве образованных РАО, состоянии процессов переработки, хранения, выгрузки, приемки и сдачи РАО на захоронение. Операторы по обращению с радиоактивными отходами должны ежегодно до 31 марта отчитываться перед соответствующим ведомством.

4. Обращение с ОЯТ

Для обеспечения и поддержания целостности и докритических пределов ОЯТ АЭС Китая хранят ОТВС в пристанционных хранилищах, в строгом соответствии с правилами ядерной безопасности.

Вне реакторные хранилища ОЯТ в Китае соответствуют требованиям к конструкции и безопасности. Эксплуатация, техническое обслуживание, мониторинг, инспекция и испытания временных сухих хранилищ ОЯТ осуществляются в соответствии с подготовленными и утвержденными процедурами.

5. Политика и практика в отношении РАО

Обращение с РАО должно осуществляться в соответствии с общей концепцией безопасности без угрозы будущим поколениям удовлетворять свои потребности и устремления. Ответственность за обеспечение безопасности лежит на производителях РАО.

Радиоактивные отходы, созданные в результате применения ядерных технологий, должны храниться в централизованных хранилищах на провинциальных, муниципальных и автономных региональных уровнях.

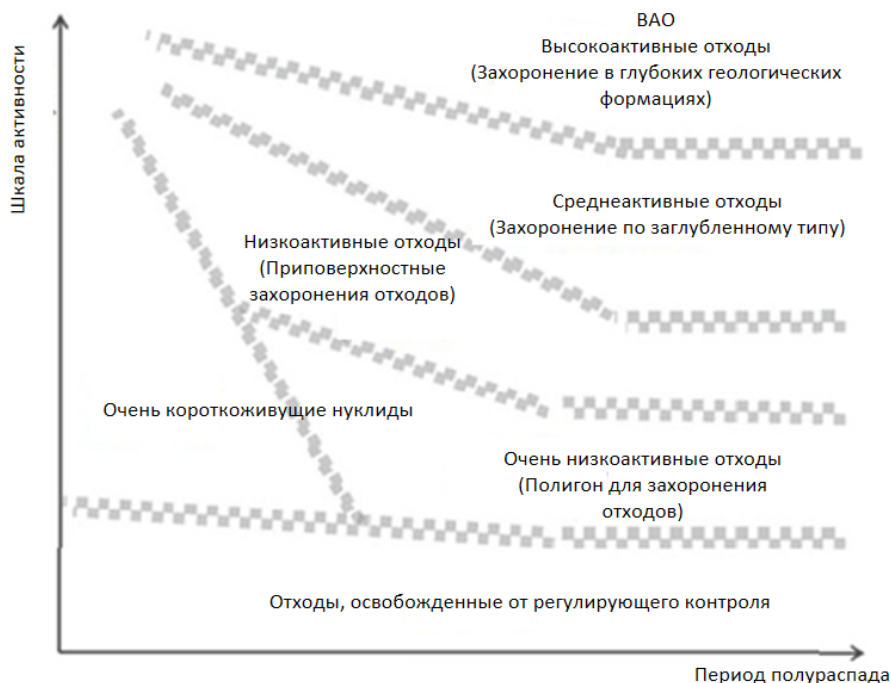
Сброс в окружающую среду газообразных и/или жидких отходов должен производиться в соответствии с национальными стандартами по предотвращению радиоактивного загрязнения. Твердые радиоактивные отходы утилизируются в соответствии с их классификацией. Низко- и среднеактивные отходы должны быть захоронены в приповерхностном или заглубленном пункте финальной изоляции. Высокоактивные отходы должны быть централизованно размещены в глубинном геологическом пункте финальной изоляции.

Согласно нормативным требованиям, вспомогательные объекты по обращению с радиоактивными отходами построены всеми операторами ядерных объектов. На всех ядерных установках образуются радиоактивные отходы, имеются программы и процедуры для осуществления обращения с радиоактивными отходами согласно классификации.

В Китае радиоактивные отходы образуются в основном на АЭС, в исследовательских реакторах ядерного топливного цикла, при применении ядерных технологий, а также в горнодобывающей промышленности и при использования урана (тория). 30 ноября 2017 г. САЕА опубликовало публичное объявление о классификации радиоактивных отходов в ядерной промышленности и области применения ядерных технологий.

Со ссылкой на Общее руководство по безопасности МАГАТЭ:

Классификация радиоактивных отходов (GSG-1), новая схема классификации отходов направлена на окончательное захоронение радиоактивных отходов безопасным способом. В соответствии с потенциальной опасностью различных видов отходов и степенью локализации и изоляции для захоронения, радиоактивные отходы делятся на VSLW (очень короткоживущие), VLLW (очень низкоактивные), LLW (низкоактивные), ILW (среднеактивные) и HLW (высокоактивные).



Утилизация низко- и среднеактивных отходов в промышленных масштабах осуществляется сейчас на трех объектах в Китае:

- недалеко от Юмэня, северо-западная провинция Ганьсу;
- в хранилище Бейлонг в провинции Гунагдонг недалеко от АЭС «Дайя Бэй»;
- в Фейфенгшане, провинция Сычуань.

Жидкие ВАО, образующихся при переработке ОЯТ, должны быть захоронены в глубинных геологических формациях. В рамках законодательной и нормативной практики – ПГЗРО для ВАО должно соответствовать требованиям обеспечения безопасности на период, превышающий 10 000 лет после закрытия ПГЗРО.

Государственный совет Китайской Республики в феврале 2017 г. утвердил документ об ускорении исследований по захоронению ВАО. За 13-ю пятилетку была проведена работа по выбору и утверждению площадки размещения подземной исследовательской лаборатории и будущего ПГЗРО для ВАО. Научно-исследовательский институт геологии урана (BRIUG) был назначен ответственным за разработку ПИЛ и будущего ПГЗРО. Сотрудниками BRIUG была проведена оценка процессов, геохимии и безопасности участков и завершён отбор 2-х или 3-х ключевых объектов-кандидатов. Сотрудники BRIUG разработали принципы геологического захоронения высокоактивных отходов и в соответствии с ними выработали критерии отбора возможных площадок геологического захоронения высокоактивных отходов в Китае.

В 2021 г. Китай начал строительство крупной подземной лаборатории для исследования технологий захоронения высокоактивных радиоактивных отходов. Лаборатория должна будет подготовить почву для будущего хранилища, которое сможет безопасно изолировать эти материалы на протяжении нескольких десятков тысяч лет.

Лаборатория будет расположена в граните на глубине до 560 метров под землей в районе Бэйшань провинции Ганьсу. Подземная лаборатория была включена в список крупнейших научных строительных проектов Китая 13й пятилетки (2016–2020 гг.). Её наземная площадь будет составлять 247 га, общая площадь помещений – 2,39 га. Подземный комплекс будет иметь общий структурный объём 514 200 м³ и 13,4 км туннелей. Стоимость лаборатории оценивается в 2,72 миллиарда юаней (422 миллиона долларов), и на её строительство уйдет семь лет. Лаборатория рассчитана на работу в течение 50 лет, и, если её исследования окажутся успешными и площадка окажется подходящей, к 2050 году рядом с лабораторией будет построено долговременное подземное хранилище для высокоактивных отходов.

Ввиду того, что хранилище должно находиться вдали от населенных пунктов, исторических или культурных объектов, а также зон экологической защиты, но при этом ему также необходим доступ к инфраструктуре, чтобы можно было отправить туда персонал и материалы для строительства проекта, сотням ученых и инженеров Китая потребовалось 35 лет бурения скважин в изолированных районах по всей стране, чтобы окончательно выбрать место для лаборатории в провинции Ганьсу.



От ученых требуется всестороннее изучение окружающей среды будущего хранилища, как на поверхности, так и под землей. Это включает в себя изучение геологических условий участка, распределения и потока грунтовых вод, типов, местоположения и химического состава пород и множества других факторов.

В связи с активным развитием темы глубинного геологического захоронения РАО в Китае МАГАТЭ и BRIUG, входящий в состав корпорации CNNC, подписали 12 октября 2021 г. соглашение, определяющее BRIUG «центром сотрудничества МАГАТЭ по тематическому направлению геологической изоляции высокоактивных отходов».

Новый центр сотрудничества – первый в своём роде. Он будет способствовать международным академическим обменам и расширению совместных исследований и подготовки кадров для НИОКР по направлению геологической изоляции ВАО, а также работам по проектированию и строительству подземных лабораторий, необходимых для моделирования геологических хранилищ.



Предварительная схема испытаний, которые будут проводиться при строительстве будущей подземной исследовательской лаборатории

Подписание соглашения знаменует собой новую веху в технологическом сотрудничестве Китая с другими странами и имеет большое значение для обеспечения ядерной безопасности и устойчивого развития ядерной энергетики.

6. Взаимодействие с общественностью и информирование

Китай придает большое значение информированию общественности и коммуникации с заинтересованными лицами, обеспечивая право общественности знать и участвовать. С этой целью Министерство экологии защиты окружающей среды опубликовало Схему распространения информации о регулировании ядерной и радиационной безопасности (для пробного внедрения) и Уведомление об усилении информационного оповещения о ядерной и радиационной безопасности, а также обнародовало Схему работы Министерства по информированию общественности о ядерной и радиационной безопасности и Административных мерах по распространению информации о регулировании ядерной и радиационной безопасности, четко определив сферу применения информационных сообщений, а также содержание, сроки, методы и каналы распространения информации.

Министерство в основном взаимодействует с общественностью и средствами массовой информации посредством следующих сообщений и мероприятий:

- Публикация важной информации о деятельности по регулированию публикуется на официальном веб-сайте Министерства, включая выдачу лицензий, важные обзорные и инспекционные мероприятия (и их результаты), отчеты о строительстве и эксплуатации ядерных установок, результаты мониторинга радиоактивной среды и информацию о чрезвычайных ситуациях;
- Распространение знаний и информации, связанных с ядерной и радиационной безопасностью, на веб-сайтах, в газетах, периодических изданиях, на телевидении, в публикациях и рекламных материалах;
- Исследование общественного мнения, распространение анкет и проведение симпозиумов и слушаний перед публикацией важных нормативных документов или решений;
- Приглашение представителей средств массовой информации к участию в важных мероприятиях по обмену опытом в области регулирования ядерной безопасности и приглашение экспертов для ответа и разъяснения вопросов, вызывающих озабоченность общественности.

Основное содержание информационной рекламы по вопросам регулирования ядерной и радиационной безопасности:

- Законы и правила, стандарты, политика и планирование правительства Китая в области ядерной и радиационной безопасности;
- Факт прохождения административных разрешительных процедур и выдачи разрешительных документов в области ядерной и радиационной безопасности;
- Отчеты инспекций по надзору за безопасностью и соответствующих мероприятиях в области ядерной и радиационной безопасности;
- Общее состояние безопасности ядерных установок;
- Результаты мониторинга радиоактивной среды;
- Планы действий в чрезвычайных ситуациях, связанных с ядерной и радиационной угрозами;
- Важные ядерные и радиационные события (аварии) и выводы по их расследованию и ликвидации.

Общественность участвует в каждом этапе экологической оценки, начиная с выбора площадки и заканчивая выводом АЭС из эксплуатации. В Законе Китайской Народной Республики об оценке воздействия на окружающую среду указано, что в отношении проектов, которые могут оказать негативное воздействие на окружающую среду или на общественные интересы в области окружающей среды, должны проводиться общественные слушания, консультации экспертов, проверка и другие необходимые меры для получения мнений соответствующих подразделений, экспертов и широкой общественности для составления анализа воздействия на окружающую среду, прежде чем проектное предложение будет представлено на утверждение.

Атомные энергетические компании активно изучают эффективные средства коммуникации с общественностью, создают открытую и прозрачную систему коммуникации и позволяют общественности понимать ядерную энергетику с рациональной и объективной точки зрения.

7. Международное сотрудничество и инициативы

Китай участвовал в Международном проекте по инновационным ядерным реакторам и топливным циклам (INPRO), осуществляемом под руководством МАГАТЭ.

Китай присоединился к Международному форуму поколения IV (GIF). Китай участвовал в работе руководящих комитетов HTGRS и быстрых реакторов с натриевым охлаждением. Несколько должностных лиц и специалистов из Китая стали членами целевой группы рабочей группы GIF.

Китай является одним из пяти членов-основателей Глобального партнерства в области ядерной энергии (GNEP). Китай активно участвует в работе Международной платформы сотрудничества в области ядерной энергетики (IFNEC).

В 2019 г. Китай активно участвовал в международных обменах и сотрудничестве в области мирного использования ядерной энергии и добился важных достижений в рамках «глобальной» стратегии в области ядерной энергетики.

Трехстороннее соглашение о сотрудничестве было подписано в 2020 г. Национальным оператором по обращению с радиоактивными отходами (ФГУП «НО РАО»), Пекинским научно-исследовательским институтом геологии урана (БРИУГ) и Институтом проблем безопасного развития атомной энергетики Российской академии наук (ИБРАЭ РАН). В рамках соглашения стороны договорились об обмене опытом и консультационной поддержке в сфере научно-исследовательской деятельности. Соглашение предусматривает обмен научным персоналом для стажировок и обучения, а также посещение научными сотрудниками исследовательских объектов. Соглашение дополняет систему научно-исследовательской работы в рамках сооружаемой в настоящее время подземной исследовательской лаборатории в Нижне-Канском скальном массиве и китайской подземной исследовательской лаборатории в районе Бейшань.

США

Стратегия обращения с ОЯТ		прямое захоронение без предварительной переработки		
Проекты по созданию пунктов захоронения				
наименование		тип отходов		
Опытный завод по изоляции ТРУ РАО и ПГЗРО (штат Нью-Мексико, Waste Isolation Pilot Plant – Geologic Repository). Функционирует в качестве объекта финальной изоляции РАО с 1999 г.				
Юкка Маунтин – проект пункта захоронения ОЯТ (Yucca Mountain nuclear waste repository, штат Невада). Статус: в августе 2013 г. Федеральный апелляционный суд обязал Комитет ядерного регулирования возобновить рассмотрение заявки на предоставление лицензии на строительство ПГЗРО. Проект заморожен политическим решением, также причиной его остановки служат законодательные противоречия.				
характеристика		WIPP		Yucca Mountain
тип вмещающих пород		соль		туф
глубина захоронения, м		650		300
возможность обратного извлечения отходов		есть		будет
старт НИОКР		1965 г.		1978 г.
начало работ по подбору площадки		1974 г.		1983 г.
статус проекта		эксплуатируется с 1999 г.		заморожен
дата ввода в эксплуатацию				
наличие права вето у локальной общественности		нет		да ¹¹
договор на предоставление денежной компенсации местному муниципалитету		да		да
Подземные исследовательские лаборатории				
Назначение общее/ конкретное	общ. назн.	общ. назн.	конкр. назн.	конкр. назн.
тип вмещающих пород	гранит	туф	соль	туф
Глубина, м	300	420	655	420
Период эксплуатации	1973-1983 гг.	1979-1990 гг.	с 1982 г.	1996-2009 гг.
Назначение общее/ конкретное	общ. назн.	общ. назн.	конкр. назн.	конкр. назн.
Ответственные институты в области обращения с РАО				
Министерство энергетики (Department of Energy, DOE), орган государственного управления США в области обращения с ОЯТ и РАО				

¹¹ Однако вето, наложенное штатом, может быть отклонено Правительством США.

В проекте: оператор, ответственный за обращение с отходами и реализацию проекта захоронения ОЯТ и РАО¹² (разработка проекта, НИОКР, лицензирование, строительство и эксплуатация)

Прогноз объемов накопления ВАО и ОЯТ оборонного комплекса США к 2048 г.

Площадка	Тип отходов	Объем, м ³
«Саванна-Ривер»	Остеклованные ВАО	6 957
«Хэнфорд»	Остеклованные ВАО	14 089
	Объем цезия и стронция из капсул после остекловывания	453
	Остеклованные ВАО из ФРГ	3
Национальная лаборатория в шт. Айдахо	Кальцинированные ВАО	3 661
	Натрийсодержащие отходы после обработки методом парового реформинга в системе с псевдоожиженным слоем	721
	ВАО, обработанные электрометаллургическим способом	132
	ОЯТ реакторных судовых установок	4 600
Отработавшее ядерное топливо, находящееся в ведении Министерства энергетики США	ОЯТ	1800

Атомная энергетика США – крупнейшая в мире по объему производства. В стране эксплуатируются 94 атомных реактора суммарной мощностью ~100 ГВт, которые вырабатывают 20% от всего объема производимой энергии.

1. Политика и практика обращения с радиоактивными отходами в США

Сферы ответственности государственных организаций

Комиссия по ядерному регулированию (Nuclear Regulatory Commission, NRC) – независимое государственное агентство, контролирующее работу как коммерческого сектора отрасли, так и ряда государственных объектов ядерной энергетики. Агентство осуществляет надзор за содержанием и использованием ядерных материалов, за выбор площадок для размещения ядерных установок, их сооружение, эксплуатацию и закрытие. NRC регулирует отрасль посредством введения в действие нормативных актов. Агентство санкционирует выдачу лицензий на строительство ЯУ (и коммерческих ядерных реакторов в частности), а также их эксплуатацию. NRC утверждает разрешения на владение и использования ядерных материалов.

¹² Создание такой организации предусмотрено положениями Стратегии по обращению и захоронению ОЯТ и ВАО, утвержденной Правительством США, однако Конгрессу еще предстоит рассмотрение вопроса о внесении соответствующих поправок в национальное законодательство.

Министерство энергетики США (Department of Energy, DOE) несет ответственность за развитие ядерной отрасли, программу производства ядерного оружия, курирует работу в рамках программы по нераспространению ядерного и радиологического оружия, а также обращение с РАО и восстановление окружающей среды на загрязненных участках и объектах. Министерство энергетики уполномочено регулировать ядерную деятельность, осуществляемую на объектах оборонного назначения.

Несмотря на то, что Комиссия по ядерному регулированию и Министерство энергетики используют разные системы управления процессами обращения с РАО, работа обоих ведомств согласована.

Американское Агентство по охране окружающей среды (Environmental Protection Agency, EPA) вводит в действие общеприменимые экологические стандарты для защиты окружающей среды от вредного воздействия токсичных веществ и радиоактивных материалов. Агентство (EPA) также уполномочено разрабатывать и вводить в действие стандарты по восстановлению территорий загрязненных ядерных объектов. Ведомство (EPA) также ответственно за санкционирование документов, удостоверяющих соответствие ПГЗРО на территории Опытного завода по изоляции отходов (WIPP) требованиям, применяемым к пунктам захоронения трансурановых отходов, вырабатываемых как побочный продукт функционирования оборонной промышленности.

Коммерческий сектор: обращение с РАО

Владельцы и операторы АЭС, а также иных ядерных установок, производящих отходы, обращаются с ОЯТ и РАО до захоронения, как правило, в соответствии с их эксплуатационной лицензией, выданной Комиссией по ядерному регулированию. Обращение с РАО в США регулируется Федеральным кабинетом министров или Правительством на уровне штатов. Передача отходов на государственные объекты промежуточного размещения или захоронения может осуществляться на разных этапах процесса обращения с РАО в зависимости от их типа и объема. В ходе вывода ядерных установок из эксплуатации отходы накапливаются как в коммерческом, так и в государственном секторах.

Радиоактивные отходы в США классифицируются в соответствии с многоуровневой и разветвленной системой категоризации по принципу степени опасности для окружающей среды, происхождения, способа производства и других.

Инвентарные списки РАО в США содержат информацию в том числе о захороненных НАО и ВАО, а также отражают данные по наличию т.н. урановых и ториевых «хвостов» – радиоактивных отходов, образовавшихся в результате процессов добычи/обогащения урана/тория.

Американская Комиссия по ядерному регулированию также контролирует процессы обращения с некоторыми категориями природных радиоактивных материалов (NORM) и технологически усовершенствованных природных радиоактивных материалов (TENORM). Уровень радиоактивности этих двух классов отходов может колебаться от незначительно превышающего допустимый до очень высокого.

В отдельную категорию выделяются «Смешанные отходы», подразделяющиеся на смешанные НАО или смешанные трансурановые отходы, представляющие собой комбинацию радиоактивных и других компонентов, несущих опасность нерадиоактивной природы.

Новое в сфере обращения с радиоактивными отходами:

В июне 2021 г. хранилище РАО Национальной лаборатории в шт. Айдахо DOE приняло последнюю партию отходов, после чего были начаты работы по его закрытию. Вместе с этим процессом Управление по защите окружающей среды DOE заключило контракт на проведение очистки территории, примыкающей к хранилищу РАО.

В августе 2021 г. на значимый этап вышел проект по оснащению ПГЗРО WIPP новой системой вентиляции, была завершена подготовки фундамента одного из двух зданий комплекса. В новом помещении для размещения ВАО площадью 5100 м² будут работать высокоэффективные фильтрационные системы по очистке выводимого из хранилища WIPP воздуха от вредоносных частиц или соединений.

Комиссия по ядерному регулированию в сентябре 2021 г. выдала компании Interim Storage Partners лицензию на строительство пункта захоронения РАО (в штате Техас). Компания Interim Storage Partners - это совместный актив Waste Control Specialists и Orano USA. Запуск ПЗРО в Техасе запланирован на 2025 г., а уже к 2048 г. ядерный регулятор NRC ожидает прогресса в реализации проекта геологического захоронения ОЯТ.

В октябре 2021 г. в пункте захоронения WIPP, рассчитанном на захоронение трансураниевых отходов, транспортируемых с приреакторных площадок остановленных энергоблоков, была введена в эксплуатацию восьмая секция. Весной 2022 г. первые партии РАО поступили в 8-ю секцию.

2. Реализация стратегий по обращению с ОЯТ и РАО

Владельцы и операторы АЭС, а также других ядерных установок, производящих радиоактивные отходы, осуществляют обращение с ОЯТ и РАО, образовавшимися в результате эксплуатации этих установок, до момента их захоронения.

С 1977 г. в США запрещено осуществлять переработку ОЯТ, а отработанное топливо при этом причисляется к ВАО, за окончательное захоронение которого в пунктах ПГЗРО несет ответственность государство. До тех пор, пока такой пункт захоронения не будет построен, ОЯТ, образующееся в результате эксплуатации АЭС, будет направляться в мокрые и сухие хранилища на площадках АЭС.

План разработки системы захоронения ОЯТ

В США развивают программу по захоронению ОЯТ в глубоких геологических формациях. Министерство энергетики взяло на себя юридические и моральные обязательства Федерального Правительства по надлежащему обращению с ОЯТ и ВАО, производимыми в США, в том числе их переработке или финальному захоронению.

Научно-исследовательская деятельность под эгидой Правительства

Министерство энергетики США разработало т.н. «Расширенную программу по консолидации работы хранилищ» как комплекс мер по улучшению интеграции хранилищ для ОЯТ и ВАО в общую систему по обращению с отходами, в рамках которой ведутся НИР.

Консолидированное промежуточное хранилище ОЯТ и реакторных НАО

В апреле 2016 года компания Waste Control Specialists подала в Комиссию по ядерному регулированию (NRC) заявку на получение лицензии на строительство и эксплуатацию установки по временному хранению ОЯТ, т.н. Consolidated Interim Storage Facility, CISF на своей площадке в округе Эндрюс, штата Техас. В январе 2017 г. Комиссия по ядерному регулированию приняла заявку компании Waste Control Specialists на лицензирование строительства CISF к рассмотрению.

В мае 2020 г. NRC опубликовала отчет по воздействию CISF Interim Storage Partners LLC на окружающую среду в рамках реализации данного проекта по временному размещению ОЯТ в окр. Эндрюс, шт. Техас. Комиссия по ядерному регулированию находится на завершающем этапе проведения исследований в отношении безопасности проекта CISF для окружающей среды.

Параллельно с инициативой по созданию хранилища в Техасе, в марте 2017 г. компания Holtec International подала заявку в Комиссию по ядерному регулированию на предоставление разрешения на строительство и эксплуатацию «высокоэтажного» HI-STORE CISF, которое будет расположено в округе Ли, штата Нью-Мексико. В феврале 2018 г. NRC также приняла к рассмотрению. В марте 2020 г. был опубликован отчет по воздействию CISF компании Holtec International на окружающую среду в ходе реализации

проекта хранилища для ОЯТ и ВАО в округе Ли, штате Нью-Мексико. При рассмотрении заявки на лицензирование CISF в 2021 г. специалисты Комиссии по ядерному регулированию пришли к выводу о том, что проектная высота установки не соответствует допустимой.

Критерии категоризации отходов в качестве ВАО

Действующие закон «Об атомной энергии» (Atomic energy act, 1954 г.) и закон «О политике в отношении ядерных отходов» (Nuclear Waste Policy Act, 1982 г.) предписывают, что ВАО подлежат окончательному захоронению в пунктах глубинного геологического захоронения.

18 октября 2018 г. Министерство энергетики опубликовало запрос Федерального реестра на предоставление общественности данных о критериях категоризации тех или иных групп отходов как высокоактивных РАО. В 2019 г. Министерство энергетики опубликовало характеристики, при наличии которых отходы не относятся к классу ВАО:

- если содержание радионуклидов в материале не превышают предельно допустимую их концентрацию, установленную для отходов низкого уровня активности согласно 10-му разделу Свода Федеральных правил (10 CFR, пп. 61.55);
- если материал, согласно его характеристикам, не требует изоляции в глубоком геологическом хранилище и соответствует техническим особенностям объекта для размещения отходов.

Поправка также сделала возможной опцию размещения отходов более низкого уровня активности в ППЗРО или специализированных промежуточных хранилищах независимо от предыдущей классификации.

Министерство энергетики в тандеме с коммерческими предприятиями атомной промышленности имеют многолетний опыт эффективного и безопасного захоронения НАО в соответствии с их характеристиками. Реализация такого подхода работы с РАО приводит США в соответствие с международными руководящими принципами по обращению с радиоактивными отходами и их захоронению с учетом радиологического риска.

В августе 2020 г. Министерство энергетики завершило оценку первого потока отходов в соответствии с законом о национальной экологической политике (National Environmental Policy Act, NEPA) и обновленной концепцией категоризации ВАО, предложив сценарии дальнейших действий и способов обращения по каждому из типов полученных отходов.

3. Обращение с РАО в Соединенных Штатах Америки

РАО: переработка и кондиционирование

Радиоактивные отходы подвергаются обработке в целях получения стабильной по своей структуре формы отходов, а также минимизации объема выбросов в окружающую среду радиоактивных и иных опасных соединений.

Большая часть лицензированных в области обращения с РАО предприятий в Соединенных Штатах Америки не проводят различия между понятиями «переработки» и «кондиционирования» отходов.

Завод по переработке и иммобилизации отходов «Хэнфорд»

На территории площадки бывшего комбината по производству делящихся материалов и изготовлению ядерного топлива юго-востоке штата Вашингтон по решению Министерства энергетики США в 2012 г. началось строительство Завода по обработке и иммобилизации отходов – Waste Treatment and Immobilization Plant. В отчете Счетной палаты о проведении миссии по контролю качества на объекте в 2012 г. содержались замечания о технических неисправностях, причиной которых стал функциональный износ конструкций хранилища РАО на площадке «Хэнфорд». Правительством была поставлена задача по предотвращению аварии как возможного следствия критического состояния хранилища, в котором РАО размещаются до этапа их передачи на остекловывание. К 2017 г. объект находился под контролем Счетной палаты, Генеральной инспекции, Совета безопасности предприятий оборонного комплекса и другими американскими регуляторами.

Смета по предстоящим работам была пересчитана, и проект оценивался в 17 млрд долл. США при условии завершения в 2023 г. Совет безопасности предприятий оборонного комплекса в 2019 г. принял отчет Министерства энергетики об устранении критических технических неисправностей конструкций хранилища РАО «Хэнфорд».

Проект носит и альтернативное название – «Vit Plant» буквально, завод по остекловыванию (англ. vitrification) РАО, на котором будет применяться патентованная технология, опробованная на объекте по переработке РАО [Savannah River Site](#) и демонстрационной площадке по обработке и упаковке отходов West Valley¹³. Этот метод представляет собой отверждение радиоактивных отходов с помощью остекловывающей химической смеси в условиях нагревания полученного материала до 2 100 градусов по Фаренгейту (1149 градусов по Цельсию), состав разливается по стальным контейнерам для последующей стабилизации. «Vit Plant», последнюю очередь строительства которого планируется завершить в 2023 г., сегодня является крупнейшим в мире предприятием в сфере обращения с РАО, предназначено также и для кондиционирования ядерных отходов оборонной промышленности, десятилетиями хранившихся в 177-ми подземных резервуарах. Проектный срок эксплуатации завода – 40 лет.

В первую очередь в порядке реализации программы DOE по прямой передаче НАО из пунктов временного размещения предприятиям по переработке на «Vit Plant» будут отверждены низкоактивные жидкие РАО. На более позднем этапе работы предприятия, согласно плану, будет производиться кондиционирование и остекловывание высокоактивных РАО.

Сейчас на предприятии в подземных резервуарах размещены ~212 тыс. м³ исторических РАО, полученных как результат процесса производства плутония. Большая часть отходов, содержащихся в подземных резервуарах, представляет собой низкоактивные ЖРО.

Компания Bechtel National Inc. является генеральным подрядчиком Министерства энергетики, отвечающим за проектирование, строительство и эксплуатацию Завода по обработке и иммобилизации отходов, ее субподрядчиком выступает компания АЕСОМ.

Новые установки по кондиционированию отходов для Национальной лаборатории в шт. Айдахо и объекта «Саванна-Ривер»

Министерство энергетики США инициировало строительство установок по кондиционированию отходов, накопленных в результате работы Национальной лаборатории в шт. Айдахо и объекта «Саванна-Ривер».

В подземных коллекторах на площадке Национальной лаборатории в шт. Айдахо хранятся материалы, полученные в результате переработки исторических радиоактивных отходов, большая часть которых – кальцин – подвергнутый термическому выпариванию побочный продукт переработки отработавшего ядерного топлива. На площадке лаборатории построена и уже вводится в эксплуатацию комплексная установка по переработке накопленных на предприятии натрийсодержащих отходов. Это единственная установка подобного типа, согласно предусмотренным проектным возможностям на ней будут переработаны 3,4 млн л ЖРО, находящихся на площадке Национальной лаборатории в шт. Айдахо.

На объекте «Саванна-Ривер» в свою очередь продолжается ведение кондиционирования накопленных РАО. Отходы в процессе обработки здесь делятся на две фракции: поток ВАО меньшего объема и поток НАО большего объема. Высокоактивная фракция транспортируется на завод по переработке РАО, производимых на предприятиях оборонного комплекса США, где остекловывается и размещается на хранение до наступления этапа возможного геологического захоронения. Фракция с низкой активностью иммобилизуется на «Саванна-Ривер» с помощью применения цементной матрицы.

¹³ West Valley Demonstration Project, U.S., state of New York, Rock Springs Road.

Для оптимизации системы кондиционирования РАО на объекте «Саванна-Ривер» в 2021 г. был внедрен Комплекс по переработке солевых отходов (Salt Waste Processing Facility, SWPF). Установка по переработке солевых отходов стала критически значимым элементом системы переработки солей на объекте «Саванна-Ривер», его проектная мощность позволяет перерабатывать ~ 23 000 м³ солевых растворов в год. На SRS в настоящее время находятся на хранении ~ 320 000 м³ растворов до передачи на переработку, согласно прогнозу 280 000 м³ из которых будут переработаны на SWPF.

Установка SWPF оснащена технологическими средствами и оборудованием, разработанными специалистами Аргоннской и Ок-Риджской национальных лабораторий, принцип работы которых заключается в применении системы кольцевых центробежных контакторов. Использование подобного принципа сегодня является наиболее современным решением для целевой элиминации цезия-137, стронция-90 и актиноидов из солевых отходов. Salt Waste Processing Facility дезактивирует растворы, содержащие цезий и барий-137 на ~ 99,998%, одновременно удаляя стронций и актиноиды.

На ряде объектов в ведении DOE сегодня продолжается инвентаризация и характеристика накопленных трансурановых отходов, например, в центрах по переработке ТРУ РАО Аргоннской, Ок-Риджской и национальной лаборатории в Лос-Аламосе, а также объектах «Хэнфорд» и «Саванна-Ривер». Объем размещенных на временное хранение унаследованных исторических трансурановых отходов сокращается в результате осуществления их постепенной переработки и финальной изоляции.

Захоронение НАО

Промышленные НАО в США подлежат захоронению в приповерхностных пунктах финальной изоляции, эксплуатирующихся согласно лицензиям, выданным Комиссией по ядерному регулированию.

Четыре коммерческих объекта финальной изоляции НАО по завершении операционной деятельности по приему отходов были закрыты:

- ❖ «Битти» в штате Невада – в 1993 г.,
- ❖ «Макси Флэтс» в штате Кентукки – в 1977 г.,
- ❖ «Шеффилд» в штате Иллинойс – в 1978 г.
- ❖ «Уэст-Вэлли» в штате Нью-Йорк – в 1975 г.

После прекращения эксплуатации объектов их площадки сохраняют закрытый статус, работы по выводу ЯУ из эксплуатации на них производятся в соответствии с индивидуально разработанным и утвержденным регулятором планом.

В стране сейчас эксплуатируются четыре коммерческих полигона для захоронения НАО:

- «EnergySolutions» (Барнуэлл, штат Южная Каролина)
Полигон Барнуэлл принимает на захоронение низкоактивные отходы классов А, В и С с ограничением по размещению РАО активностью свыше 0,37 ТБк, этот критерий позволяет предприятию отсекаать прием объемного потока закрытых источников ионизирующего излучения более высокой активности.
- EnergySolutions (Клайв, штат Юта)
Полигон принимает смешанные (mixed low level waste, MLLW) и НАО класса А.
- US Ecology (Ричленд, штат Вашингтон)
Полигон DOE на территории объекта «Хэнфорд» принимает на захоронение НАО классов А, В и С, радий, радиоактивные материалы природного происхождения и отходы, полученные в результате работы ускорителей.
- «Waste Control Specialists» LLC (WCS, Эндрюс, штат Техас)
Полигон принимает А, В и С классы НАО от производителей в рамках программы сотрудничества генерирующих предприятий Texas Compact (из штатов Техас и Вермонт). НАО от генераторов вне Техасского соглашения, принимаются на размещение в WCS только на основании подписания

дополнительного соглашения. На WCS отходы от коммерческих и государственных производителей зонированы по отдельным резервуарам.

В США ответственность за приемку, право владения, хранения и финальную изоляцию промышленных НАО несут Комиссия по ядерному регулированию, Министерство энергетики, Агентство по охране окружающей и ряд уполномоченных государственных ведомств. Предписание по способу финальной изоляции в отношении коммерческих НАО – захоронение на одном из четырех лицензированных полигонов. Комиссия по ядерному регулированию также предусматривает согласование и альтернативных сценариев по захоронению некоторых типов НАО на объектах, лицензированных по другому профилю (например, нейтрализации опасных отходов или переработки промышленного нерадиоактивного мусора).

Федеральная система обращения с НАО

Шесть подведомственных DOE ядерных объектов эксплуатируют пункты захоронению НАО: «Хэнфорд», Национальная лаборатория в шт. Айдахо, Невадский испытательный полигон (Nevada National Security Site), Национальная лаборатория в Лос-Аламосе, Ок-Риджский полигон и площадка «Саванна-Ривер». В настоящий момент ведется строительство пункта захоронения НАО близ города Портсмут в штате Нью-Гэмпшир, лицензия на его эксплуатацию также была получена. Сегодня ведется разработка проекта нового пункта захоронения НАО в рамках реализации программы по очистке и восстановления Ок-Риджского ядерного полигона.

В течение длительного периода в США в активной эксплуатации находились лишь три ППЗРО: EnergySolutions в штате Юта, «Хэнфорд» в штате Вашингтон и Барнуэлл в штате Южная Каролина. С 70-х гг. в США велись поиски площадки для нового ППЗРО. Среди кандидатов были площадки в штатах Нью Джерси, Юте, Калифорнии, Колорадо, Техасе и других.

ППЗРО «Эндрюс» принимает только отходы, находящиеся в юрисдикции Федерального правительства США в соответствии с Законом «О внесении поправок в политику в отношении низкоактивных радиоактивных отходов» (LLWPAА) от 1985 г. Лицензия на эксплуатацию действительна до сентября 2024 г. с возможностью продления на 10 лет. По инициативе Министерства энергетики был подписан договор о принятии ППЗРО «Эндрюс» в собственность с целью осуществления регулирования и долгосрочного обслуживания и контроля объекта на этапе вывода из эксплуатации.

4. Обращение с отработанным ядерным топливом в Соединенных Штатах Америки

Обращение с ОЯТ

На ядерных установках США вырабатывается и хранится отработанное топливо промышленных АЭС, оборонных предприятий и исследовательских реакторов. К 2020 г. в соответствии с данными по инвентаризации в США было произведено ~ 84 000 МТТМ ОЯТ, 39 000 из которых размещено в сухих приреакторных хранилищах на площадках АЭС.

Отработанное топливо, находящееся в ведении DOE, также хранится в бассейнах, либо в сухих ангарах. Бассейны DOE в основном носят статус хранилищ длительного хранения до момента, пока финальный этап изоляции не станет осуществим. Исследовательские реакторы также имеют приреакторные бассейны выдержки, и после охлаждения ОЯТ транспортируется в специализированное хранилище Министерства энергетики.

На подведомственных объектах Министерства энергетики в мокрых и сухих хранилищах размещено на хранение ~2500 МТТМ ОЯТ.

Финальная изоляция ОЯТ

В США на данный момент еще нет эксплуатируемых пунктов по захоронению ОЯТ. В 2008 г. Министерство энергетики направило запрос в Комиссию по ядерному

регулированию с целью получения разрешения на строительство геологического хранилища в Юкка-Маунтин (штате Невада) для захоронения ОЯТ и ВАО. Министерство энергетики разработало программу НИОКР по долгосрочному обращению с ОЯТ и контролирует выполнение задач в ее рамках. Перед Министерством энергетики США также стоит задача создания альтернативных методик и технологий по обеспечению долгосрочного хранения, транспортировки и геологического захоронения накопленных, а также прогнозируемых ОЯТ и РАО. Научно-исследовательская работа фокусируется на разработке технологий, которые минимизируют объем отходов, повышают безопасность и дополняют институциональные меры радиационной защиты.

ФИНЛЯНДИЯ

Стратегия обращения с ОЯТ

Прямое захоронение ОЯТ без предварительной переработки

Организационные аспекты

Органы государственного управления в области обращения с ОЯТ и РАО	MEE — Министерство труда и экономики (www.tem.fi)
	STM — Министерство социального обеспечения и здравоохранения (www.stm.fi)
Организация, ответственная за реализацию проекта по захоронению ОЯТ и РАО (разработка проекта, НИОКР, лицензирование, строительство, эксплуатация)	Posiva** — Компания POSIVA (www.posiva.fi)

Основные регулирующие органы

Орган государственного регулирования безопасности в области атомной энергии	STUK — Управление по радиационной и ядерной безопасности (www.stuk.fi)
---	--

Реестр ОЯТ и РАО

Тип	На хранении	Захоронено
ОЯТ АЭС	2261 тТМ	0
ОЯТ исследовательских реакторов	21,3 кгТМ	*
ОНАО	204 м ³	**
НАО	1691 м ³	6541 м ³
САО	1970 м ³	2117 м ³
ВАО	0	0

* существует возможность отправлять ОЯТ назад в США

** ОНАО захоранивается в ПЗРО для НАО и включено в инвентарное количество НАО

1. Обзор ядерной энергетики Финляндии

В Финляндии эксплуатируются две АЭС на площадках Ловииса и Олкилуото.

Таб.1. Действующие атомные электростанции Финляндии (июнь 2022 г.).

АЭС	Реактор	Тип реактора	Мощность (МВт)	Ввод в эксплуатацию (год)
Ловииса	Ловииса 1	ВВЭР	507	1977
	Ловииса 2	ВВЭР	507	1978
Олкилуото	Олкилуото 1	Кипящий водо-водяной	890	1978
	Олкилуото 2	Кипящий водо-водяной	890	1980
	Олкилуото 3	PWR	1600	2022

Правительство Финляндии утвердило первые принципы организации обращения с радиоактивными отходами в 1978 г.:

каждый производитель несет ответственность за обращение с собственными ОЯТ и РАО, образующимися в ходе эксплуатации ядерных установок, а также за связанные с этой деятельностью расходы;

радиоактивные отходы низкого и среднего уровня (НСАО) направляются на захоронение на территории Финляндии;

обращение с ОЯТ предполагает либо его постоянный возврат в США, либо его переработку собственными силами.

В 1983 г. правительство Финляндии ввело закон об учреждении оператора по обеспечению радиационной и ядерной безопасности (STUK), а также определило цели и график НИОКР в отношении обращения с РАО на существующих АЭС. Впервые в решении от 1983 года был предложен сценарий, согласно которому энергетические компании страны должны были рассмотреть возможность захоронения ОЯТ в Финляндии. В решении 1983 г. было указано, что если будет реализовано национальное решение по захоронению ОЯТ, то меры должны быть предприняты не ранее 2020 года.

Поправка к закону о ядерной энергии от 1994 г. запрещает импорт и экспорт радиоактивных отходов в Финляндию и из страны соответственно.

С 1990 гг. геологические пункты захоронения НАО и САО действуют на Олкилуото и на Ловиисе.

Компания Fennovoima планирует построить собственную установку по утилизации РАО низкой и средней активности на площадке Ханхикиви в 2030-х гг.



Среди множества вопросов атомной энергетики Финская энергетическая ассоциация регулярно в течение почти 40 лет оценивает уровень общественной поддержки проекта геологического захоронения РАО. В опросе 2019 г. большинство респондентов заявили о доверии к проектам геологического захоронения – их было 37%, и это стало первым случаем, когда мнение скептически настроенных граждан оказалось в меньшинстве – их было 36%. Медленно, но неуклонно растущее доверие к геологическому захоронению рассматривается как результат длительной систематической работы вовлеченных сторон.

2. Ядерное законодательство и нормативные акты

Сегодняшнее финское ядерное законодательство основано на Законе о ядерной энергии 1987 г., а также на вспомогательном Декрете по ядерной энергетике 1988 г. В 1994 была принята существенная поправка к Закону о ядерной энергии, отражающая новую политику, которая подчеркивает национальную ответственность за управление радиоактивными отходами, образующимися в Финляндии. В целом, экспорт и импорт ядерных отходов, включая ОЯТ, запрещены в пересмотренном законе. Заметное исключение допускается для исследовательского реактора FIR-1. Так, в соответствии с Законом о ядерной энергии, положения, запрещающие вывоз ядерных отходов, не применяются к ОЯТ, которые были произведены в результате эксплуатации исследовательского реактора в Финляндии. Законодательство в области ядерной

энергетики было обновлено и реформировано в 2008 г. в соответствии с текущим уровнем требований по безопасности и новой Конституцией Финляндии от 2000 г. Новая Конституция требует, чтобы общие принципы защиты граждан были закреплены в законодательных актах.

Финляндия активно участвовала в процессе разработки предложения по директиве Европейского совета по обращению с ОЯТ и РАО. В 2013 году в Закон о ядерной энергии и Закон о радиации были внесены поправки в целях приведения в соответствие директиве 2011/70/Евратом от 19 июля 2011 г., устанавливающей рамки для ответственного и безопасного обращения с ОЯТ и радиоактивными отходами. Закон о ядерной энергии был пересмотрен в 2015 г., чтобы обеспечить независимость STUK и позволить издавать юридически обязательные регулирующие документы. Обновленный закон о радиации был принят в 2018 г.

Положения об использовании ядерной энергии в Законе о ядерной энергии также касаются обращения с ОЯТ и РАО. Закон предусматривает, что лицензиат, действия которого приводят к образованию РАО, несет ответственность за все операции по обращению с отходами и связанные с ними расходы.

3. Лицензирование деятельности по обращению с ОЯТ и радиоактивными отходами

Лицензирование действующих в настоящее время пунктов захоронения РАО на площадках АЭС «Ловииса» и «Олкилуото» было осуществлено в соответствии с законодательством, действовавшим до 1987 г.

Текущий процесс лицензирования определен в действующем законодательстве.

В случае, если лицензия на эксплуатацию выдается на более длительный срок, чем 10 лет (или 15 лет в случае объектов захоронения ядерных отходов), в STUK требуется представлять периодический обзор безопасности ПЗРО. Периодический пересмотр условий действия лицензии обеспечивает хорошие возможности для проведения всеобъемлющей проверки безопасности ПЗРО.

На основании Закона о ядерной энергии STUK выдает второстепенные лицензии на деятельность по обращению с ОЯТ и РАО, такие как лицензии на эксплуатацию приповерхностных объектов захоронения для ОНАО, лицензии на экспорт, импорт, передачу и транспортировку.

В соответствии с Законом О ядерной энергии лицензиат, деятельность которого приводит к образованию или уже привела к образованию радиоактивных отходов, несет ответственность за все меры по обращению с ядерными отходами и их надлежащую подготовку, а также за возникающие расходы.

Закон «О радиации» предусматривает обращение с радиоактивными отходами неядерного применения. Ответственная сторона (т.е. лицензиат или любая компания /организация, использующая источники ионизирующего излучения в своей практике) обязана предпринимать все необходимые меры для обеспечения безопасности РАО, образующихся в результате эксплуатации ЯЭУ. Государство в свою очередь несет вторичную ответственность, если производитель ядерных или неядерных радиоактивных отходов не в состоянии выполнить свои обязательства по обращению с ними.

4. Регулирующие органы

STUK контролирует соблюдение Закона о радиации и последующих декретов и постановлений. STUK является независимой правительственной организацией регулирующего контроля радиационной и ядерной безопасности и ядерных материалов. STUK является административной единицей внутри Министерства здравоохранения и социального обеспечения. Важно, что нормативный контроль за безопасным использованием радиационной и ядерной энергии осуществляется STUK самостоятельно.

Ни одно министерство не может принимать решений по вопросам, относящихся по закону к компетенции STUK. У STUK нет никаких обязанностей или обязательств, которые противоречили бы регулирующему контролю.

Схема структурного взаимодействия между STUK, министерствами и прочими вовлеченными организациями отрасли



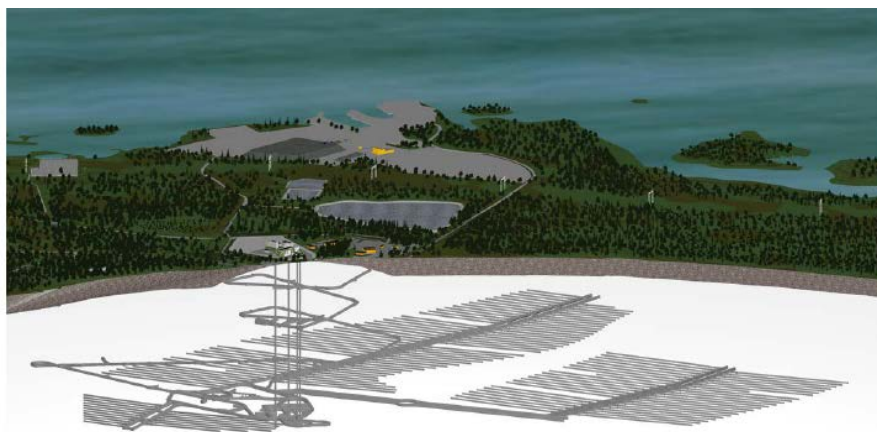
STUK отвечает за коммуникацию с общественностью и средствами массовой информации по вопросам радиационной и ядерной безопасности. STUK также использует социальные медиа-платформы для двусторонней публичной коммуникации.

5. Практика и планы по обращению с ОЯТ и РАО

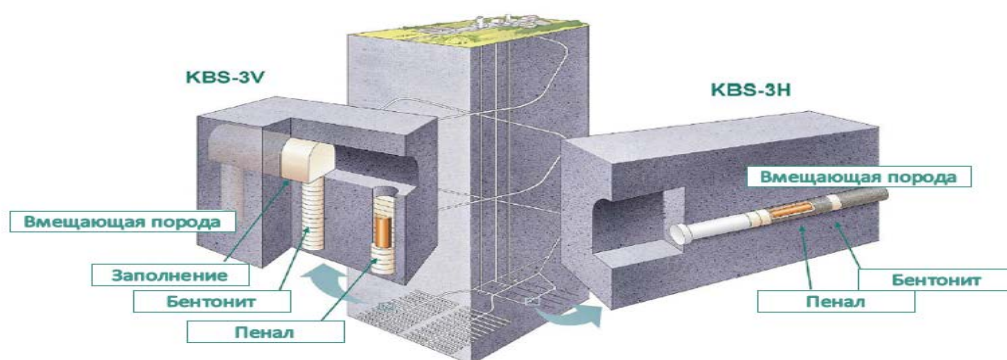
В настоящее время основными источниками радиоактивных отходов в Финляндии являются отходы, образующиеся в результате эксплуатации двух АЭС и одного небольшого исследовательского реактора. Неядерные радиоактивные отходы образуются на нескольких объектах, использующих радиоизотопы для медицинских, исследовательских и промышленных целей.

ОЯТ от деятельности АЭС хранится на приреакторных площадках до момента его захоронения. Первоначально топливо охлаждается в течение срока от одного года до пяти лет в приреакторных бассейнах выдержки. АЭС Ловииса в дополнение к ПБВ имеет отдельное интегрированное хранилище, построенное по типу бассейна. АЭС Олкилуото располагает отдельной площадкой для хранения ОЯТ, являющейся общей для всех реакторных блоков.

АЭС «Олкилуото»: схема проекта подземного объекта и сети тоннелей захоронения для вертикального типа размещения отходов



АЭС «Олкилуото»: тоннельная система размещения пеналов с РАО вертикального (KBS-3V) и горизонтального типа (KBS-3H)



ОЯТ от работы исследовательского реактора FiR-1 в настоящее время хранится на площадке станции в Отаниеми. Основным сценарием обращения с ОЯТ перед демонтажем исследовательского реактора является его возврат в США в соответствии с программой приемки «ОЯТ зарубежных исследовательских реакторов министерства энергетики США (DoE)». Общий объем этого ОЯТ составляет около 340 кг (около 25 кг по урану).

Обращение с НСАО до захоронения в настоящее время осуществляется на АЭС в соответствии с их эксплуатационными лицензиями и другими положениями.

В соответствии со стратегией операторов финских АЭС отходы низкого и среднего уровня, возникшие в результате эксплуатации реакторов, должны быть захоронены в скальных породах на площадках электростанций. На Олкилуото эксплуатация ПЗРО для НСАО началась в 1992 г., а на Ловийсе – в 1998 г.

ПЗРО Ловийса расположен на глубине около 110 м в гранитной породе.

ПЗРО Олкилуото расположен на глубине от 60 до 95 м в тоналитовой породе.

В настоящее время готовится процесс лицензирования объекта ППЗРО Олкилуото для ОНАО. TVO приступила к этим планам в конце 2018 г., а этап ОВОС планируемого объекта был запущен в 2020 г. Также ПЗРО для НСАО будет расширено в 2030-х годах, чтобы иметь возможность принимать все НСАО АЭС «Олкилуото» в течение запланированных 60-ти лет их эксплуатации. Дальнейшее расширение объекта захоронения планируется также для отходов от вывода из эксплуатации действующих энергоблоков АЭС в Олкилуото.

6. Обращение с неядерными РАО (в т.ч. ОЗРИ)

Два доступных метода обращения с неядерными РАО заключаются либо в возврате источников поставщику/производителю, либо в передаче на национальные объекты долгосрочного хранения, находящиеся в ведении ядерного регулятора STUK.

Такие РАО находятся во временном хранилище при ПЗРО НСАО в Олкилуото. Утилизация закрытых источников ионизирующего излучения и других неядерных радиоактивных отходов включена в лицензию на эксплуатацию ПЗРО Олкилуото для НСАО (2012). Собственно захоронение НСАО началась в конце 2016 г.

7. Статус проекта ПЗРО

Финская политика по обращению с радиоактивными отходами была сформулирована в 1983 г. На этом этапе был согласован главный принцип: лицензиаты должны быть готовы к организации финального захоронения отходов в Финляндии безопасным и экологически приемлемым способом в случае невозможности использования для этой цели международных хранилищ. Согласно финскому законодательству, радиоактивные отходы, образующиеся в стране, подлежат постоянной утилизации в Финляндии (Закон о ядерной энергии 990/1987, поправка 1994 г.).

Разработка проекта ПЗРО началась с тщательных исследований в 1983 г., а компания Posiva Oy, отвечающая за проект ПЗРО, была основана в 1995 г. В 1999 г. была выбрана площадка и концепция Олкилуото (KBS-3) в качестве предпочтительной.

В 2000-х годах были приняты принципиальные решения по финальной изоляции РАО и ОЯТ, заключающиеся в том, что ОЯТ реакторов Олкилуото 1-3 и Ловииса 1-2 будет захоронено в ПЗРО. Заявка на лицензию на строительство объекта компанией Posiva была подана Правительству в 2012 г., Правительство выдало лицензию на строительство пункта захоронения ОЯТ в 2015 г. Строительство ПЗРО началось в 2016 г., а строительство пункта инкапсуляции отходов на поверхности в 2019 г. Компания Posiva планирует подать заявку на получение лицензии на эксплуатацию в Правительство в ближайшее время, и начать процесс финальной изоляции ОЯТ начнется в 2024 – 2025 гг.

Положение об обязательной извлекаемости РАО и ОЯТ на этапе после закрытия ПЗРО в действующем финском законодательстве отсутствует. Обратимость ПЗРО не требуется, но и не запрещена. Posiva Oy является независимым держателем лицензии и будущим оператором ПЗРО. Это частное общество с ограниченной ответственностью, принадлежащее Teollisuuden Voima Oyj (TVO - 60 %) и Fortum Power and Heat Oy (40 %), которые являются операторами и владельцами АЭС на двух площадках в Финляндии.

Стороны, несущие ответственность за радиоактивные отходы и ОЯТ, обязаны покрывать все расходы по обращению с ними, включая строительство хранилища. Финский фонд обращения с ядерными отходами (VYR) является гарантией полного покрытия расходов в этой сфере. Фонд работает при Министерстве экономики и занятости, но его бюджет не является составной частью государственного. Целью работы данного Фонда является сбор, хранение и надежное инвестирование средств, которые могут потребоваться для обращения с ядерными отходами в будущем.

ФРАНЦИЯ

Принятая стратегия: переработка ОЯТ.

Организационные аспекты

Орган государственного управления в области обращения с ОЯТ и РАО	Министерство комплексных экологических преобразований* и его Генеральная дирекция по энергетике и климату DGEC <i>*С мая 2022 г. в министерстве действуют 2 равноправных министра: министр экологических преобразований и развития территорий К.Бешию и министр энергетики А. Панье-Рюнаше.</i>
Организация, ответственная за реализацию проекта по захоронению РАО (разработка проекта, НИОКР, лицензирование, строительство, эксплуатация)	ANDRA — Национальное агентство по обращению с радиоактивными отходами
Орган государственного регулирования безопасности в области атомной энергии	ASN — Надзорный орган в области обеспечения ядерной безопасности

1. Обзор принципов организации ядерного сектора Франции

Франция получает около 70% своего электричества за счет ядерной энергии, благодаря давней политике, основанной на энергетической безопасности. Правительственная политика, принятая при прежней администрации в 2014 году, была направлена на сокращение доли ядерной энергетики в энергогенерации до 50% к 2025 году. Однако, в 2019 году было принято решение отложить реализацию этой цели до 2035 года.

В начале 2022 года Франция объявила о планах строительства 7 новых реакторов типа EPR2 с предполагаемым вводом в эксплуатацию в 2035 году.

Франция является крупнейшим в мире чистым экспортером электроэнергии из-за очень низкой стоимости производства и получает от этого более 3 миллиардов евро в год.

Страна очень активно занимается развитием ядерных технологий. Реакторы и особенно топливные продукты и услуги являются значительной статьёй экспорта.

АЭС	Реактор	Тип реактора	Мощность (МВт)	Ввод в эксплуатацию (год)
Бельвилль	Бельвилль-1	PWR	1310	1987
	Бельвилль-2	PWR	1310	1988
Блайэ	Блайэ-1	PWR	910	1981
	Блайэ-2	PWR	910	1982
	Блайэ-3	PWR	910	1983
	Блайэ-4	PWR	910	1983
Бюже	Бюже-2	PWR	910	1978
	Бюже-3	PWR	910	1978
	Бюже-4	PWR	880	1979
	Бюже-5	PWR	880	1979
Каттенон	Каттенон-1	PWR	1300	1986
	Каттенон-2	PWR	1300	1987
	Каттенон-3	PWR	1300	1990

	Каттеном-4	PWR	1300	1991
Шинон	Шинон Б-1	PWR	905	1982
	Шинон Б-2	PWR	905	1983
	Шинон Б-3	PWR	905	1986
	Шинон Б-4	PWR	905	1987
Шо	Шо Б-1	PWR	1500	1996
	Шо Б-2	PWR	1500	1997
Сиво	Сиво-1	PWR	1495	1997
	Сиво-2	PWR	1495	1999
Крюас	Крюас-1	PWR	915	1983
	Крюас-2	PWR	915	1984
	Крюас-3	PWR	915	1084
	Крюас-4	PWR	915	1984
Дампьерр	Дампьерр-1	PWR	890	1980
	Дампьерр-2	PWR	890	1980
	Дампьерр-3	PWR	890	1981
	Дампьерр-4	PWR	890	1981
Фламанвилль	Фламанвилль-1	PWR	1335	1985
	Фламанвилль-2	PWR	1335	1986
Гольфеш	Гольфеш-1	PWR	1310	1990
	Гольфеш-2	PWR	1310	1993
Гравлин	Гравлин-1	PWR	910	1980
	Гравлин-2	PWR	910	1980
	Гравлин-3	PWR	910	1890
	Гравлин-4	PWR	910	1981
	Гравлин-5	PWR	910	1984
	Гравлин-6	PWR	910	1985
Ножан	Ножан-1	PWR	1310	1987
	Ножан-2	PWR	1310	1988
Палюэль	Палюэль-1	PWR	1330	1984
	Палюэль-2	PWR	1330	1984
	Палюэль-3	PWR	1330	1985
	Палюэль-4	PWR	1330	1986
Панли	Панли-1	PWR	1330	1990
	Панли-2	PWR	1330	1992
Сент-Альбан	Сент-Альбан-1	PWR	1335	1985
	Сент-Альбан-2	PWR	1335	1986
Сен-Лоран	Сен-Лоран-1	PWR	915	1981
	Сен-Лоран-2	PWR	915	1981
Трикастен	Трикастен-1	PWR	915	1980
	Трикастен-2	PWR	915	1980
	Трикастен-3	PWR	915	1981
	Трикастен-4	PWR	915	1981

Ядерная деятельность регулируется во Франции рядом законодательных и нормативных положений, целью которых являются обеспечение безопасности и здоровья населения и охрана окружающей среды.

В зависимости от уровня радиоактивности различают виды деятельности, регулируемые Кодексом здравоохранения (например, медицинская деятельность), подпадающие под действие правил для установок, сертифицированных по воздействию на окружающую среду (ICPE), и Экологическим кодексом (те, которые подпадают под действие правил для ядерных энергетических установок (BNI) и ядерных объектов оборонного назначения).

Политика в области обращения с радиоактивными материалами и отходами во Франции основаны на следующих принципах:

- полная ответственность промышленников-наработчиков радиоактивных отходов и отработавшего топлива за эти вещества, без ущерба ответственности для физических или юридических лиц, являющихся держателями этих веществ в рамках осуществления ядерной деятельности. Они финансируют обращение с радиоактивными отходами и отработавшим топливом, а также вывод из эксплуатации своих ядерных объектов. Соответствующие средства должны быть обеспечены созданием специализированных активов под контролем государства;
- количество и опасность радиоактивных отходов должны быть сведены к минимуму;
- захоронение во Франции иностранных радиоактивных отходов, а также РАО от переработки иностранного ОЯТ, запрещено¹⁴;
- общественность принимает участие в выработке решений по вопросам обращения с радиоактивными материалами и отходами.

Реализация этих принципов основана на структуре управления, состоящей из трех блоков:

- соответствующая законодательная и нормативная база;
- специализированное государственное агентство по обращению с радиоактивными отходами: ANDRA, Национальное агентство по обращению с радиоактивными отходами Франции;
- Национальный план по обращению с радиоактивными материалами и отходами (PNGMDR), который актуализируется каждые три года.

Основой законодательной и нормативной базы Франции в области обращения с радиоактивными материалами и отходами являются европейские директивы и национальные законы:

НПА	Содержание
Директива 2014/87 / Евратом от 8 июля 2014 г. как поправки к Директиве 2009/71 / Евратом от 25 июня 2009 г.	Директива о ядерной безопасности ядерных установок
Директива 2011/70 / Евратом от 19 июля 2011 г.	Директива об ответственном и безопасном обращении с отработавшим топливом и радиоактивными отходами;
Директива 2013/59 / Евратом 5 декабря 2013 г.	Директива об основных стандартах безопасности и радиационной защиты;
Закон 91-1381 от 30 декабря 1991 г.	Закон устанавливает основные принципы управления и сферы исследований в области обращения с долгоживущими радиоактивными отходами высокого уровня активности (BAO).

¹⁴ Исключением является прием на захоронение радиоактивных отходов Княжества Монако.

Программный Закон 2006-739 от 28 июня 2006 г.	Закон регулирует вопросы по устойчивому обращению с радиоактивными материалами и отходами, определяет основополагающие принципы обращения с радиоактивными отходами. Закон распространяется на все радиоактивные материалы и отходы, определяет направления и цели исследований по выработке стратегических решений по управлению радиоактивными отходами, по которым в настоящее время не приняты такие решения, вопросы финансирования обращения с РАО, а также вывода из эксплуатации. Закон напоминает о запрете на захоронение иностранных отходов во Франции, и об ответственности наработчиков ОЯТ и РАО. Кроме этих аспектов деятельности, закон устанавливает инструменты для диалога с общественностью. Закон был дополнен Указом от 10 февраля 2016 г. «Об оценке правовых и организационных механизмов обращения с радиоактивными материалами и отходами». Закон предписывает организацию экспертных миссий по изучению обращения с радиоактивными материалами и отходами как минимум раз в десять лет. Закон гласит, что Правительство внимательно следит за совершенствованием правовых и организационных механизмов в области обращения с радиоактивными материалами и отходами, основываясь на результатах обратной связи, экспертных оценок и научно-технических разработках.
Закон 2016-1015 от 25 июля 2016 года	Закон определяет условия для создания обратимого глубинного геологического хранилища для высокоактивных и долгоживущих среднеактивных РАО.

Первая экспертная оценка французской системы обращения с радиоактивными отходами была проведена во Франции в 2018 г. в рамках миссии ARTEMIS МАГАТЭ. В выводах международной миссии подчеркнут тот факт, что Франция создала всеобъемлющую систему обращения с радиоактивными отходами, с многочисленными сильными сторонами, особенно с точки зрения навыков и принятого подхода постоянного прогресса.

2. Национальный оператор по обращению с РАО во Франции

ANDRA, Национальное Агентство Франции по обращению с радиоактивными отходами, является государственным учреждением, созданным в 1991 г.*

**Подразделение по обращению с РАО действовало до 1991 г. в составе Комиссариата по атомной энергии Франции (образован Указом генерала Шарля Де Голля 18 октября 1945 г.)*

и только с 1991 г. выделилось в независимую организацию. Таким образом, реальный опыт деятельности ANDRA в сфере обращения с РАО и эксплуатации ПЗРО отсчитывается с конца 50-х годов прошлого столетия, с проекта создания и ввода в эксплуатацию (1969) ПЗРО CSM в Департаменте Мани для НАО и короткоживущих САО.

Роль ANDRA

ANDRA является промышленно-коммерческим учреждением (EPIC), которому поручено найти, внедрить и гарантировать безопасные решения по обращению со всеми французскими радиоактивными отходами, чтобы оградить нынешнее и будущие поколения от рисков, которые представляют эти отходы.

Роль ANDRA определена тремя последовательно принятыми законами:

- Закон от 30 декабря 1991 г. об исследованиях в области обращения с долгоживущими ВАО (этим Законом было создано Агентство с государственным финансированием и задачами в области захоронения ВАО и долгоживущих САО в глубоких геологических формациях);
- Закон о планировании от 28 июня 2006 г. в отношении устойчивого обращения с радиоактивными материалами и отходами (этот Закон расширяет и усиливает роль и полномочия Агентства и сферы его деятельности);
- Закон от 25 июля 2016 г., детализирующий условия создания обратимого глубинного геологического хранилища для высокоактивных и долгоживущих среднеактивных отходов.

Агентство находится в ведении министерств, курирующих вопросы энергетики, окружающей среды и исследовательской деятельности. Агентство независимо от производителей радиоактивных отходов. В соответствии со статьей L. 542-12-1 Экологического кодекса, ANDRA получает государственную субсидию на финансирование назначенных миссий, представляющих общий интерес. ANDRA является национальным оператором по реализации государственной политики по обращению с радиоактивными отходами.

ANDRA эксплуатирует три производственных площадки. Два объекта предназначены для обращения с низкоактивными и среднеактивными короткоживущими отходами:

- **CSM Manche** представляет собой установку для захоронения, «находящуюся в стадии вывода из эксплуатации», поскольку ANDRA все еще планирует работы по усовершенствованию покрывающего хранилища экрана;
- **CSA Aube**, который является действующим объектом для захоронения, а также имеет установки упаковки отходов (прессование бочек, инжекторная прокачка металлических защитных конструкций).

Эти два объекта входят в систему управления ядерными энергетическими установками (ЯЭУ).

ANDRA также эксплуатирует объект **CIRES** (Промышленный центр сбора, хранения и захоронения), который включает:

- установки для обработки и упаковки очень низкоактивных отходов;
- установку захоронения ОНАО;
- здание складирования для последующего транзита перед передачей на очистные сооружения для отходов, собираемых ANDRA, в частности, отходов медицинского сектора и институтских исследований (отходы «мелких производителей»);
- здание для обработки отходов «мелких производителей», в котором проводятся такие операции, как измельчение тритийсодержащих сцинтилляционных бутылей, разделение твердой и жидкой части или подготовительная сборка контейнеров с жидкостью. Это здание было сдано в эксплуатацию в 2016 году, что позволило ANDRA начать обработку тех отходов, упаковочные операции по которым ранее были переданы на

субподряд; установки хранения для отходов, собираемых ANDRA, по которым еще не приняты процедурные решения по обращению.

ANDRA осуществляет, в т.ч., следующие виды деятельности:

- управление закрытием CSM (хранилище Manche), являющегося частью первого французского наземного объекта для захоронения НАО и САО;
- изучение и разработка решений по утилизации тех видов отходов, для которых еще не приняты такие решения, а именно для долгоживущих низкоактивных отходов и для ВАО и долгоживущих САО (Проект Cigéo);
- поиск и изучение решений по оптимизации обращения с радиоактивными отходами, чтобы сохранить объекты захоронения радиоактивных отходов, которые являются редким ресурсом;
- обеспечение миссии государственной службы по:
 - сбору старых радиоактивных предметов, находящихся у людей (старые люминесцентные часы и будильники, радиы содержащие предметы для медицинских целей, некоторые минералы и т. д.),
 - дезактивации загрязненных территорий,
 - составлению каждые три года Национального реестра радиоактивных материалов и отходов на территории Франции;
- информирование и построение коммуникаций со всеми типами аудитории и представителями общественности;
- сохранение архивных данных объектов захоронения;
- обмен ноу-хау, капитализация на международном уровне.

3. Политика регулятора ASN

Регулятор ASN создан согласно Закону о ядерной прозрачности и безопасности от 13 июня 2006 г. и является независимым административным органом, которому поручено регулирование гражданской ядерной деятельности и надзор за гражданской ядерной деятельностью, за ядерной безопасностью и радиационной защитой в целях обеспечения безопасности населения и окружающей среды во Франции.

Политика ASN заключается в достижении прогресса в безопасном, последовательном и структурированном обращении с радиоактивными материалами и отходами. На практике ASN выступает в различных ролях: регулирование, разрешительная деятельность, надзор, информирование, мониторинг исследований. ASN считает, что методы составления PNGMDR и его рекомендации являются основополагающими для реализации политики улучшений. Один из приоритетов – наличие безопасных маршрутов обращения с каждой из категорий радиоактивных материалов и отходов, независимо от типа деятельности, срока службы, происхождения, при этом предпочтение отдается решениям по окончательной изоляции. Это подразумевает определение прогнозируемых потребностей в объектах для хранения и захоронения, обеспечение соответствия требованиям Экологического кодекса и реализацию поэтапного подхода к методам обращения с РАО (минимизация объемов «у производителя», переработка, повторное использование, температурная обработка, захоронение). Цель состоит в том, чтобы гарантировать, что лицензиаты ЯЭУ и производители отходов приняли на себя обязанности в части обращения с РАО.

4. Национальный план по обращению с радиоактивными материалами и отходами

Национальный план по обращению с радиоактивными материалами и отходами, закрепленный в Законе «О радиоактивных отходах» от 28 июня 2006 г., является центральным компонентом надзора за национальной политикой в данной сфере.

Экологический кодекс требует, чтобы правительство каждые три года разрабатывало Национальный план по обращению с радиоактивными материалами и отходами (далее - PNGMDR). Затем План передается на рассмотрение в Парламентский

офис по оценке научных и технологических выборов (OPECST) и, по получении положительной оценки, публикуется.

Экологический кодекс устанавливает ориентиры, которым должен следовать План.

Проект PNGMDR основан на Национальном реестре радиоактивных материалов и отходов, впервые изданном в 2004 г. и пересматриваемом каждые три года. Все его данные опубликованы на Открытой правительственной платформе и на веб-сайте Национального реестра радиоактивных материалов и отходов.

В PNGMDR приводятся инвентарные количества существующих РМ и РАО, маршруты обращения с РМ и РАО, а также принятые технические решения. PNGMDR определяет прогнозируемые потребности в объектах для хранения или захоронения, их емкости и продолжительность хранения. План устанавливает общие цели, основные временные рамки и графики, позволяющие соблюдать эти временные рамки, учитывая при этом приоритеты. План также определяет цели, которые должны быть достигнуты в отношении радиоактивных отходов, для которых еще не приняты окончательные решения по обращению. План организует выполнение НИОКР в области обращения с РМ и РАО. Также в Плане определены лица, ответственные за реализацию PNGMDR, и показатели для наблюдения за ходом его реализации.

Впервые, в соответствии с положениями Постановления 2016-1060 от 5 августа 2016 и Решением Национальной комиссии по общественным дебатам (CNDP), разработка PNGMDR стала предметом публичного обсуждения. Эта всенародная общественная дискуссия в ходе разработки пятого издания PNGMDR позволила прояснить основные вопросы, связанные с обращением с радиоактивными материалами и отходами, и привлечь внимание граждан к предстоящим решениям по этому вопросу. Поскольку эта тема касается жизни будущих поколений, участие общественности и транспарентность являются фундаментальными ценностями PNGMDR.

5. Политика обращения с радиоактивными отходами

ANDRA, в соответствии с положениями Экологического кодекса, ведет Национальный реестр радиоактивных материалов и отходов для достижения следующих трех целей:

- составление списка радиоактивных материалов и отходов, присутствующих на территории Франции по состоянию на 31 декабря каждого года, на основании информации, предоставленной владельцами радиоактивных материалов и отходов;
- прогнозирование объемов наработки радиоактивных материалов и отходов к срокам, определенным приказом министерства, а для отходов - по окончании эксплуатации объектов по наработке отходов на основании информации, предоставляемой каждые три года владельцами радиоактивных материалов и отходов;
- обозначение общих тенденций наработки радиоактивных материалов и отходов в соответствии с несколькими возможными сценариями

По данным Национального реестра-2021, на конец 2019 г. во Франции количество РАО составило 1,67 миллионов м³, из которых 60% составляют РАО энергогенерации, 27% - РАО от ядерных исследований, 9% - РАО от военных применений, 3% - РАО мелких производителей и 1% - РАО от медицинских применений.

При этом ANDRA отмечает, что 90% данного объема РАО имеют понятные маршруты обращения (хранение и захоронение на действующих установках), а определенное равновесие в обращении с РАО будет достигнуто с вводом в эксплуатацию Промышленного центра захоронения в глубоких геологических формациях CIGEO.

6. Политика обращения с радиоактивными отходами

Политика обращения с РАО, основанная на прозрачности и демократии

Одной из основ политики обращения с радиоактивными материалами и отходами является обеспечение демократического диалога на всех уровнях:

- на местном уровне и на непрерывной основе, путем создания местных комиссий по информированию общественности (CLI) по вопросам эксплуатации объектов переработки и захоронения;
- для широкой общественности: PNGMDR является ключевым фактором прозрачности;
- на парламентском уровне: разрешение на установку глубокого геологического захоронения регулируется законом (статья L. 542-1-10 Экологического кодекса с изменениями, внесенными Законом от 25 июля 2016 г.). Главное изменение, введенное этим Законом, касается создания опытно-промышленной установки перед началом эксплуатации для подтверждения принципов обратимости и безопасности, в частности, с помощью программы испытаний на месте. Результаты этой промышленной пилотной фазы должны стать основанием для отчета ANDRA, заключения национальной комиссии, которой поручено ежегодно оценивать прогресс в НИОКР, связанных с обращением с радиоактивными материалами и отходами, заключение ASN и мнения региональных властей соседствующих регионов.

Обязанности основных «ядерных игроков»/лицензиатов

Статья L. 542-1 Экологического кодекса гласит, что «производители отработавшего топлива и радиоактивных отходов несут ответственность за эти вещества без ущерба для ответственности тех, кто является держателем этих веществ как физическое или юридическое лицо, ведущее ядерную деятельность». В сферу управления РАО вовлечены и другие участники: транспортные компании, подрядчики по переработке, организации, эксплуатирующие объекты хранения или захоронения, организации, проводящие НИОКР в целях оптимизации обращения с РАО.

Ответственность производителя радиоактивных отходов не освобождает других игроков, упомянутых выше, от собственной ответственности за безопасность деятельности. Объем ответственности производителя отходов включает и его финансовую ответственность. Тот факт, что производитель радиоактивных отходов передал свои отходы на хранение или захоронение, не означает отсутствие его последующей финансовой ответственности.

В соответствии с указаниями PNGMDR производители отходов должны продолжать стремиться к снижению объема и активности своих РАО по всей технологической цепочке, начиная с проектирования и эксплуатации объектов и заканчивая обращением с отходами. Соответствие этой цели обеспечивается как ASN, посредством процесса утверждения результатов исследований РАО ЯЭУ, так и стоимостью обращения с этими отходами, что в обязательном порядке подталкивает наработчиков пытаться минимизировать финальные объемы РАО. Качество упаковки отходов также должно быть гарантировано с учетом требований долгосрочной радиационной защиты и безопасности после захоронения.

Стратегии обращения с радиоактивными отходами

ASN и ASND (ядерный оборонный регулятор) периодически оценивают стратегии, реализуемые лицензиатами, чтобы гарантировать, что каждый тип отходов имеет соответствующий маршрут обращения, и что различные маршруты взаимосвязаны. Более того, ASN и ASND внимательно следят за наличием у лицензиатов необходимых установок/процессов кондиционирования и/или емкостей хранилищ для обращения со своими радиоактивными отходами и разумно заблаговременным прогнозированием строительства новых объектов или модернизации старых объектов.

7. Радиоактивные отходы и материалы: улучшение существующих режимов управления

В настоящее время существуют решения для долгосрочного управления почти 90% объема радиоактивных отходов. Остальная часть РАО хранится в ожидании окончательных технических решений. Большинство отходов находится в упаковках. Некоторые радиоактивные отходы все еще хранятся навалом или упакованы таким образом, что они несовместимы с критериями приемлемости планируемых для отходов такого типа путей утилизации. В основном это касается отходов «ядерного наследия», которые должны быть повторно извлечены и кондиционированы в соответствии с критериями приемлемости.

Очень низкоактивные отходы

Обращение с очень низкоактивными отходами было отдельной темой публичных дебатов, состоявшихся в 2019 г. в рамках подготовки к пятому изданию PNGMDR. С учетом результатов дебатов, Министерство энергетики и ASN определили следующие направления обращения с ОНАО:

- продолжение работ по поиску дополнительных мощностей по захоронению путем определения места для второго центра по захоронению и сравнение преимуществ и недостатков децентрализованных хранилищ, близких к производственным площадкам, с точки зрения обеспечения здоровья и безопасности населения и защиты окружающей среды;

- изменения в нормативно-правовой базе, применимой к обращению с очень низкоактивными отходами, чтобы ввести новую возможность целевых исключений, позволяющую повторное использование радиоактивных металлических ОНАО после плавки и дезактивации, причем решение принимается по каждому конкретному случаю.

Низкоактивные и среднеактивные короткоживущие отходы

Обращение с технологическими отходами (НАО и короткоживущие САО, на которые приходится большая часть трафика):

- после предварительного прессования отходов на месте в 200-литровые металлические бочки они направляются непосредственно на пресс CSA для дальнейшего компактирования и окончательной утилизации в металлических бочках емкостью 450 литров после бетонирования. Отдельные не подлежащие прессованию технологические отходы упаковывают на площадке в металлические контейнеры объемом 5 м³ или 10 м³. Наиболее активные вещества упаковываются на месте в бетонные контейнеры и направляются сразу на захоронение в CSA;

- подлежащие сжиганию НАО направляются в пластиковых бочках на установку для сжигания CENTRACO, а металлолом с низким уровнем загрязнения направляется в металлических контейнерах на установку плавления того же завода.

С отходами переработки в CENTRACO обращаются следующим образом:

- остаточная зола и клинкер от сжигания кондиционируются в металлических бочках емкостью 450 литров и окончательно изолируются на объекте CSA;

- 200-литровые слитки, полученные в результате плавки, окончательно утилизируются в CSA или CIRES, в зависимости от уровня их активности. Аналогично, в зависимости от их удельной активности, вентиляционные фильтры для очистки газов и дыма, шлаки и огнеупорные материалы печей, произведенные в процессе технического обслуживания, утилизируются в CSA или CIRES.

Низкоактивные долгоживущие отходы

Долгоживущие НАО в основном включают графитовые отходы газоохлаждаемых реакторов, радийсодержащие отходы и битумированные отходы от переработки жидких радиоактивных стоков на площадке в Маркуле. ASN считает жизненно важным прогресс по выработке маршрутов управления этими отходами.

Решение по организации способа захоронения, соответствующего степени радиологической опасности НАО-ДЖ, должно быть разработано и принято. В этом

решении должны быть учтены несколько аспектов: технические (выбор площадки, соответствующий тип РАО, концепция захоронения); соответствие стратегии, принятой производителями отходов в отношении вывода из эксплуатации их объектов и хранения их отходов, а также этические и социальные вопросы, относящиеся к этим отходам, которые представляют незначительную радиологическую опасность, но в течение длительного времени.

В июле 2013 г. муниципальная федерация Сулен, где расположены действующие центры утилизации отходов ANDRA, дала согласие на проведение геологоразведочных изысканий, которые и были реализованы на участке площадью 50 км² для изучения осуществимости приповерхностного захоронения долгоживущих НАО. Итоги были обобщены в промежуточном отчете, представленном правительству в июле 2015 г.

Первый этап разведки выявил зону площадью около 10 км² для остальных исследований, отображающую наиболее благоприятные геологические характеристики, на которых следует сосредоточить внимание при продолжении изучения приповерхностного захоронения долгоживущих НАО.

PNGDMR 2016–2018 обязал ANDRA продолжить изыскания на этой площадке и оценить инвентарный объем долгоживущих НАО, которые могут быть там размещены, не забывая также о поиске альтернативных решений по обращению с отходами этого класса, которые нельзя будет разместить на рассматриваемой площадке. PNGMDR 2016-2018 рекомендовал продолжить работу по характеристике отходов, НИОКР в области переработки и обоснованию осуществимости предлагаемых сценариев обращения с отходами.

В ближайшие годы ожидается создание Общей производственной системы обращения со всеми долгоживущими НАО. Для создания этой промышленной системы ANDRA провело дополнительные геологические изыскания в 2017–2018 гг. в границах интересующей области, предложенной в 2015 г. Вместе с нарабатчиками отходов также продолжаются исследования радиологической инвентаризации отходов и их поведения при захоронении. В то же время, ANDRA рассматривает возможность создания зоны захоронения для очень низкоактивных отходов на будущей централизованной установке по обращению с долгоживущими НАО. Учитывая прогнозируемые объемы образования отходов ОНАО в процессе будущих операций по выводу из эксплуатации, планы по созданию новой установки захоронения должны быть составлены незамедлительно, возможно, в синергии с существующими центрами ANDRA в департаменте Об. Ожидается, что работа над этой общей промышленной системой по обращению с долгоживущими НАО будет завершена в ближайший год.

Обратимое захоронение РАО в глубоких геологических формациях (ПГЗРО)

ANDRA проводит исследования в области геологического захоронения и хранения РАО. Это направление исследований осуществляется в рамках следующей цели, установленной Законом об отходах: «после хранения конечные радиоактивные отходы, которые по причинам ядерной безопасности или радиационной защиты не могут быть захоронены в наземном или приповерхностном объекте, должны быть захоронены в глубоком геологическом хранилище». Исследование, проведенное ANDRA в подземной лаборатории в Бюр, вносит более конкретный вклад в изучение осуществимости и безопасности такого хранилища.

Этот проект захоронения, названный Промышленным центром геологического захоронения (французское сокращение Cigéo), предусматривает подземные сооружения в слое глины, расположенном на глубине около 500 метров и около 100 метров толщиной, в департаментах Мёз и Верхняя Марна.

Объект рассчитан на размещение 10 000 м³ остеклованных ВАО (от переработки 45 000 тонн ОЯТ) и 73 000 м³ долгоживущих САО, из которых 15 000 м³ представляют собой кондиционированный металл от переработки ОЯТ.

Условия обратимости определены Законом от 25 июля 2016 г., оговаривающим процедуры создания обратимого пункта глубинного геологического захоронения для ВАО и долгоживущих САО. При этом в 2015 г. было принято Дополнение к Закону об отходах 2006 г., разъясняющее, что применительно к проекту CIGEO в части ВАО термин «извлекаемость» следует рассматривать в краткосрочной практической перспективе, а термин «обратимость» трактовать как обеспечение долгосрочной политики вариативности.

Выполняемые ANDRA НИОКР основаны на результатах экспериментальных исследований, полученных в подземной лаборатории в департаментах Мёз / Верхняя Марна. Эта лаборатория позволяет проводить изучение геологической среды, в частности, на глубине 500 м для оценки «на месте» тепловых, гидравлических, механических и химических свойств глинистой вмещающей породы и для воспроизведения ожидаемых взаимодействий между материалами, которые могут быть использованы в хранилище и во вмещающей породе.

ANDRA проводит тестирование *in situ* и использует технологические модели для изучения различных методов построения компонентов архитектуры хранилища. ANDRA изучает фактическое поведение материалов на месте (широкий спектр характеристик, включая поведение радионуклидов), рассматривает процессы взаимодействия материалов со вмещающей породой, кроме того ANDRA разрабатывает и тестирует методики работы с грунтом, также как и способы ведения наблюдения и последующего закрытия объекта. Исследования в подземной лаборатории проводились постепенно и соответствовали различным этапам проекта создания установки для захоронения. В настоящее время пройдено и освоено более 1 600 м горизонтальных выработок, которые доступны для научных и демонстрационных программ. В подземной лаборатории установлено около 14 000 точек измерения для непрерывной передачи данных о поведении породы и построенных сооружений.

Несколько очередных этапов были завершены по проекту Cigéo. В 2016 ANDRA отправило ASN отчет о вариантах безопасности (DOS) по проекту Cigéo перед разработкой запроса лицензии на создание объекта. Рассмотрение представленных материалов, начатое весной 2016 г., получило также оценку международной экспертной миссией МАГАТЭ в ноябре 2016 г. Заключение ASN от 11 января 2018 г. относительно DOS Cigéo основано на рекомендациях Консультативного комитета по РАО и на отчете Экспертной миссии МАГАТЭ.

В заключении ASN подчеркнута удовлетворительная технологическая зрелость, достигнутая на этапе DOS, и дан ряд рекомендаций.

По результатам отработки Заключения ASN ANDRA консолидировало свою программу исследований и запустило программу научных и технических мероприятий, направленных на закрепление уже достигнутых результатов, и подготовка обоснования методик, представляемых в запросе на выдачу лицензии на создание (DAC). Изменения в конфигурации проекта Cigéo позволили провести оптимизацию, как с точки зрения реализации (стандартизация, безопасность строительной площадки), так и с экономической точки зрения.

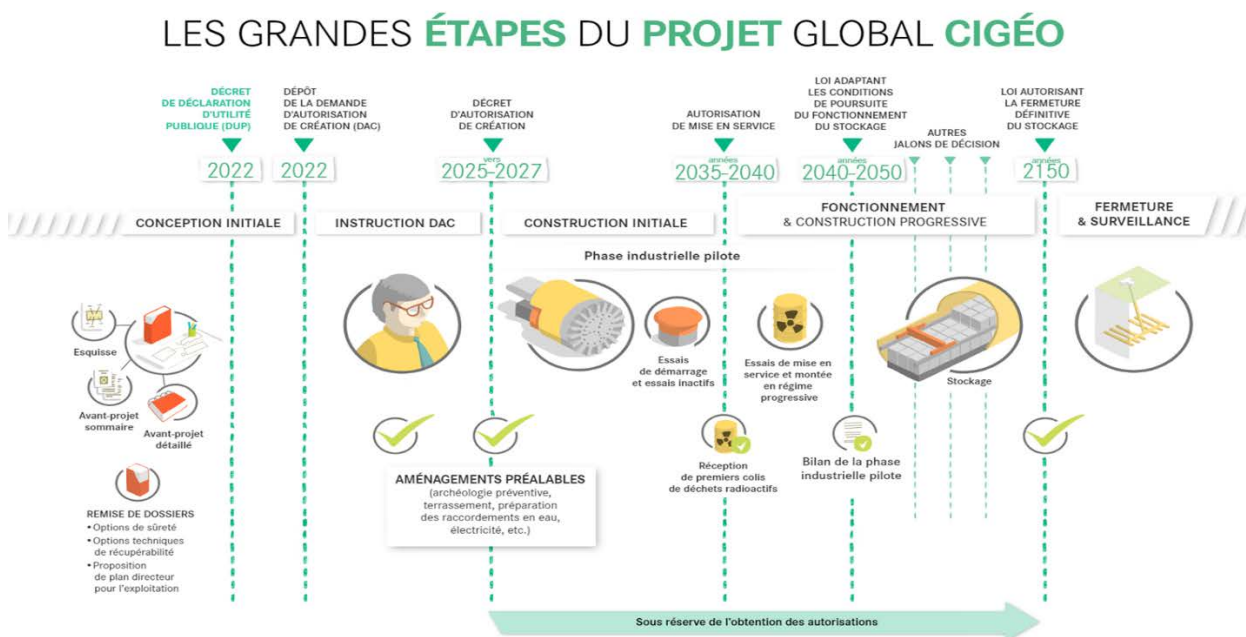
ANDRA также провело работу по демонстрации возможности размещения упаковок битумных отходов посредством изменений в конструкции камер хранения и управления соответствующими рисками с учетом выявленных аварийных сценариев.

ANDRA проводит исследования адаптируемости проекта на каждом из основных его этапов, результаты этих исследований регулярно обновляются.

Декларация общественной значимости проекта Cigéo утверждена 8 июля 2022 г. указом премьер-министра после одобрения Государственным советом. Одобрение Декларации подтверждает общественную полезность Cigéo, а также позволяет управлять землями площадки проекта Cigéo. Этот этап предвещает подачу заявок на получение административных лицензий, в частности, связанных с переустройством, необходимым для реализации проекта (работы по превентивной археологии, строительство авто- и

железнодорожной сетей, электросетей и систем водоснабжения). Утверждение Декларации общественной значимости также является необходимым этапом при подаче заявки на лицензию на сооружение (ANDRA планирует подать заявку до конца 2022 г.)

ANDRA определяет следующие **основные вехи реализации проекта Промышленного центра геологического захоронения Cigéo**:



До 2022 г.	проектирование; представление досье по безопасности, технической осуществимости принципа обратимости/повторного извлечения и руководящего плана по эксплуатации
2022	Указ премьер-министра об утверждении Декларации общественной значимости Cigéo
2022	подача заявки на лицензию на сооружение
<i>Далее годы указываются ориентировочно</i>	
2025-2027	Указ о выдаче лицензии на сооружение
2027-2035	строительство первой очереди; пилотный этап промышленной эксплуатации
2035-2040	получение лицензии на ввод в эксплуатации; получение первых упаковок с РАО
2040-2050	проработка и принятие закона, определяющего условия дальнейшей эксплуатации ПГЗРО; эксплуатация действующего ПГЗРО и строительство второй очереди
2050-2150	эксплуатация объекта
2150	закон об окончательном закрытии ПГЗРО
После 2150	закрытие объекта и наблюдение

8. Обеспечение финансирования затрат на обращение с радиоактивными отходами и отработавшим топливом

Система, созданная Францией для финансирования вывода из эксплуатации ЯЭУ и обращения с отработавшим топливом и радиоактивными отходами, образующимися на этих установках, основана на полной финансовой ответственностью лицензиатов.

Лицензиаты ЯЭУ должны провести тщательную оценку стоимости вывода из эксплуатации своих установок и обращения с отработавшим топливом и радиоактивными

отходами, которые они производят, и должны включить соответствующие положения в свои счета для полного их покрытия финансовыми активами.

Покрывающие активы включаются в баланс лицензиата и управляются им (внутренние фонды), но юридически отделены от остальной части баланса (юридическое разделение): они могут использоваться только для долгосрочных расчетов по ядерным счетам, даже если лицензиат испытывает финансовые трудности. Статьей L. 594-3 Экологического кодекса установлено, что, за исключением государства с его контролирующими полномочиями, в этом отношении никто не может заявлять каких-либо прав на эти активы, в том числе на основании тома VI Торгового кодекса. Кроме того, покрывающие активы должны быть достаточными с точки зрения безопасности, разнообразия и ликвидности.

Закон предусматривает надзор со стороны государства, а также право издавать обязательные к исполнению требования и выписывать штрафы, вплоть до ареста денежных средств.

Финансирование НИОКР и проектных работ по ПЗРО

НИОКР и проектные исследования установки геологического захоронения, проводимые ANDRA, финансируются за счет налогов и сборов, взимаемых с наработчиков радиоактивных отходов. Налог на «исследования» и специальный «вклад в проектирование» используются для защиты источников финансирования ANDRA. Суммы этого налога и этого вклада рассчитываются как произведение фиксированной ставки налогообложения по коэффициенту. При базовом налогообложении действующих ЯЭУ ANDRA получает около 215 млн евро в год.

Финансирование долгосрочных ядерных затрат

Ядерные лицензиаты финансируют управление радиоактивными материалами и отходами под контролем государства, в соответствии с принципом «загрязнитель платит». Положения по обеспечению финансирования долгосрочных ядерных затрат были созданы на основании Закона «О радиоактивных отходах». Лицензиаты ядерной энергетики должны оценить свои долгосрочные затраты, включая стоимость вывода из эксплуатации и расходы, связанные с обращением с отработавшим топливом и радиоактивными отходами. Они необходимы для обеспечения будущего финансирования этих затрат путем немедленного создания портфеля целевых активов.

Соблюдение этих нормативных обязательств проверяется министерствами, ответственными за экономику и энергетику. В соответствии с Экологическим кодексом, лицензиаты каждые три года отправляют им отчет по оценке долгосрочных ядерных затрат, соответствующим методикам и выборам, сделанным в отношении состава и управления активами, предназначенными для их покрытия. Ежегодно лицензиаты направляют в министерство, ответственное за энергетику, документ с актуализированным отчетом, также они обязаны немедленно сообщать в министерство о любых существенных изменениях, влияющих на процесс работы. Также лицензиаты направляют в министерство ежеквартальную инвентаризацию целевых активов.

ASN и Уполномоченный по ядерной безопасности и радиационной защите (DSND) ежегодно анализируют полученные отчеты и актуализирующую информацию и дают заключение о согласованности гипотез и данных, используемых лицензиатами в их стратегии вывода из эксплуатации и обращения с ОЯТ и РАО.

9. Пункты захоронения радиоактивных отходов ANDRA: последние изменения

За последние 25 лет был достигнут значительный прогресс в отношении объемов короткоживущих НАО и САО, образующихся в результате эксплуатации ядерных реакторов. Решающими факторами, способствовавшими зарегистрированному за период 1985-1995 гг. снижению объемов РАО, являются в основном организационные (минимизация объема отходов «на месте», обмен информацией об опыте эксплуатации, внедрение «лучших практик») и технические (внесение изменений в процесс очистки

эффлюентов, уплотнение упаковки некоторых отходов путем группирования и / или предварительного прессования). Эти улучшения были эффективны для отходов эксплуатации реакторов и их техобслуживания.

Важно подчеркнуть, что это сокращение производства твердых отходов не было компенсировано увеличением сбрасываемых сточных вод. За тот же период средняя периодичность (без учета трития) жидких сбросов в окружающую среду от АЭС уменьшилась в 50 раз.

ANDRA собирает PAO малых и средних предприятий: исследовательских лабораторий (за исключением эксплуатируемых CEA), университетов, больниц и т. д. В Руководстве по сбору изложены условия приемки отходов, в рамках которых у ANDRA есть принятые способы переработки для их последующего удаления или утилизации. В отношении отходов, по которым не установлены определенные процедурные решения по обращению, производители направляют запросы на сбор в ANDRA для рассмотрения их в индивидуальном порядке. Часть этих отходов после прохождения через склад, а также (в зависимости от типа отходов) через участки сортировки и переработки - передается на завод CENTRACO для сжигания перед утилизацией на CSA.

ПЗРО Манш (Manche) CSM

OBOC CSM фиксируется в годовых отчетах, которые представлены для публичного доступа на сайте ANDRA. 2018 год ознаменовался завершением начатых в 2017 г. исследований по подготовке отчета по периодическому анализу безопасности CSM. Этот отчет вместе с результатами исследований и дополнительными материалами был отправлен в ASN 9 апреля 2019 г. Завершено несколько исследований по гидрогеологической модели, молние- и грозозащищенности, защищенности от наводнений и землетрясений, электромагнитной безопасности, а также описания окружающей фауны и флоры.

ПЗРО Об (Aube) CSA

На 31 декабря 2021 г.:

- заполнено 36,3% от разрешенного объема ПЗРО;
- размещено 416 395 упаковок с отходами;
- закрыты 156 строений из запланированных 400.

При объемах поставок около 15 000 м³ в год и проектной ежегодной приемочной мощности объекта в 30 000 м³, его работа может продлиться и после 2060 г. Данные Национального реестра показывают, что объект CSA способен принять короткоживущие низко- и среднеактивные отходы, образующиеся при эксплуатации и выводе из эксплуатации ядерных объектов, которые сегодня уже должным образом лицензированы.

Гибкость условий захоронения на CSA говорит о том, что объект может принимать нестандартные упаковки отходов, в том числе крупногабаритные. Эта опция позволяет оптимизировать обращение с отходами от вывода из эксплуатации.

13 марта 2019 года ASN разрешила ANDRA эксплуатацию установки контроля упаковок (ICC). Эта установка построена в помещении установки кондиционирования отходов, что позволяет проводить более детальные осмотры определенных упаковок на месте, параллельно с систематическими проверками, принятыми для всех упаковок с отходами, прибывающими в CSA. Эти проверки могут быть либо деструктивными (вскрытие упаковки для инвентаризации имеющихся отходов, проверка тех или иных компонентов упаковки), либо неразрушающими (измерение размеров, взвешивание, визуальный осмотр, поверхностные и радиационные проверки, проверка степени дегазации трития и углерода-14, проверка качества упаковки и отсутствия запрещенных отходов рентгеновским сканером). Эти углубленные исследования ранее проводились на не принадлежащих ANDRA объектах за пределами промплощадки. Возможность проводить их на месте означает большую скорость получения результатов и исключение взаимного обмена данными между внешними инспекционными лабораториями и CSA.

Промышленный центр сбора, хранения и захоронения CIREs

Хранилище отходов ОНАО в составе Центра CIRES, введенное в эксплуатацию в августе 2003 г., имеет нормативную емкость 650 000 м³. С учетом прогнозирования общей радиационной активности, хранилище не подпадает под действие регламентов ЯЭУ, а регулируется нормами, применимыми к экологически сертифицированным объектам (ICPE).

На 31 декабря 2021 г.:

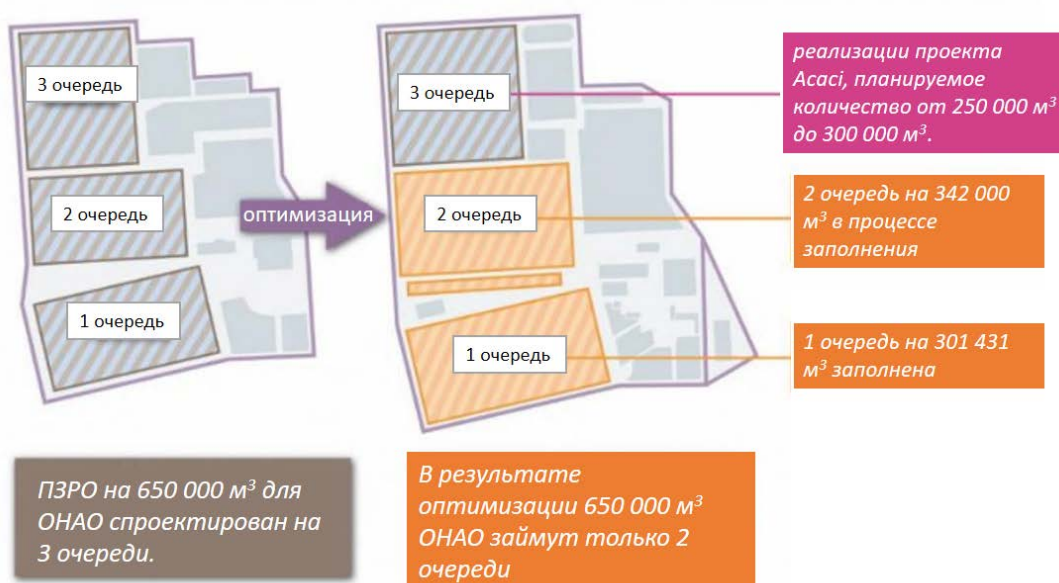
- заполнено 66,1% от разрешенного объема ПЗРО;
- размещено 506 582 упаковки с отходами;
- закрыты 18 ячеек захоронения.

Согласно Национальному реестру радиоактивных материалов и отходов за 2020 г., объем ОНАО к закрытию Центра CIRES оценивается в 2 100 000 м³. Также Центр CIRES используется для хранения ОЗРИ, радиоактивных молниеотводов и радиосодержащих отходов дезактивации участков с «унаследованным» загрязнением (радиевая промышленность). На конец 2019 г. количество отходов данного типа составило 868 м³ при общей вместимости Центра по этому типу отходов в 4 500 м³.

В PNGMDR 2016-2018 лицензиатам и ANDRA было предложено тщательно изучить возможности повторного использования определенных материалов и условий для увеличения емкости центра захоронения ОНАО CIRES: расширение на той же площадке и создание новых мощностей по захоронению ОНАО (новый центр утилизации, децентрализованные решения).

Ожидаемый в настоящее время поток отходов может привести к преждевременному насыщению регулирующей способности CIRES, т.к. плановый срок службы объекта рассчитан на 30 лет. Поэтому были начаты исследования по повышению плотности размещения упаковок отходов, оптимизации использования имеющегося пространства для захоронения и оценке осуществимости решения по переработке металлических ОНАО. Эти работы находятся под контролем в соответствии с условиями PNGMDR. Благодаря оптимизации использования пространства, доступного для захоронения, емкость захоронения была увеличена примерно на 40% по сравнению с его регулирующей способностью, которая, при внесении изменений в регламенты, позволит отложить заполнение CIRES как минимум до 2030 г. без изменения периметра объекта.

Одно из изученных решений заключается в увеличении разрешенной мощности CIRES. Проект «Асасі» (*Увеличение емкости CIRES*) направлен на то, чтобы, не меняя существующей площади захоронения и сохраняя текущий уровень безопасности, увеличить емкость захоронения почти на 50% за счет оптимизации.



Поиск всеобъемлющей оптимизации обращения с отходами привел к разработке и принятию решений по возможности приемки крупногабаритных компонентов на захоронение без необходимости разрезать их для упаковки в стандартные контейнеры. Эти решения следует внедрять с учетом соблюдения требований безопасности, технологии, экономики и календарного графика на всех этапах обращения с отходами.

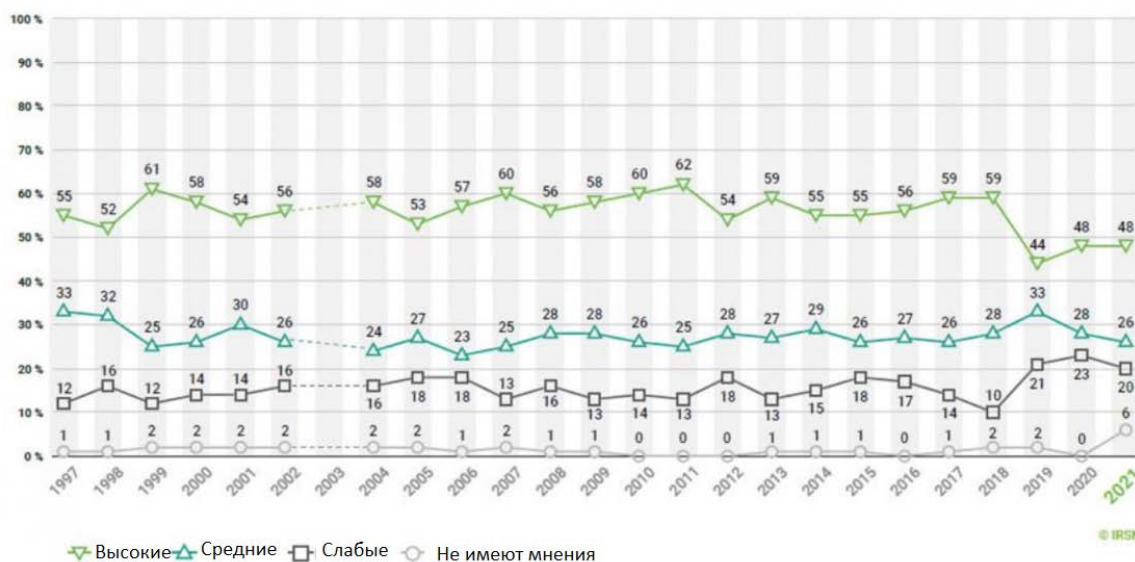
10. Барометр IRSN* 2022: отношение французов к радиоактивным отходам

В конце августа 2022 г. IRSN представил срез общественного мнения в части восприятия рисков и безопасности французами. Свое исследование (Барометр IRSN) институт проводит уже в течение 30 лет. Барометр 2022 представляет изменения в восприятии вопросов рисков и безопасности общественностью по 4 основным направлениям: основные проблемы, вызывающие сильную обеспокоенность французов; взгляд французов на науку и экспертизу; отношение французов к рискам и мнение французов об атомной энергии. В последнем блоке исследования IRSN ведет на постоянной основе переоценку отношения французов к радиоактивным отходам и обращению с ними. Ниже представлена расшифровка основных результатов (извлечение из аналитической записки «Барометр IRSN 2022»):

«Уровень рисков, связанных с ядерными установками, оценивается как исторически низкий в течение последних 3х лет. В 2021 году, как и годом ранее, тема радиоактивных отходов как имеющая высокую степень риска упоминается 48% опрошенных. Это на 9% меньше, чем среднее значение, зафиксированное за период 1997 – 2018 гг. Также это второй (после 2019 г.) исторический минимум по данной теме».

Эволюция результатов 1997-2021

Радиоактивные отходы



**Институт радиационной защиты и ядерной безопасности, осуществляет техническую экспертизу для ядерного регулятора ASN и Парламентского офиса оценки научного и технологического выбора OPECST.*

ЧЕШСКАЯ РЕСПУБЛИКА

Стратегия обращения с ОЯТ

Прямое захоронение ОЯТ без предварительной переработки.

Организационные аспекты

Органы государственного управления в области обращения с ОЯТ и РАО	МРО — Министерство промышленности и торговли (www.mpo.cz)
	МСР — Министерство охраны окружающей среды (www.mcr.cz)
Организация, ответственная за реализацию проекта по захоронению ОЯТ и РАО (разработка проекта, НИОКР, лицензирование, строительство, эксплуатация)	SÚRAO — Управление по захоронению РАО (www.surao.cz)

Основные регулирующие органы

Органы государственного регулирования безопасности в области атомной энергии	SUJB — Государственное управление по ядерной безопасности (www.sujb.cz)
	Чешское горное управление (www.cbusts.cz)

Реестр РАО

Объект	Вид	Объем, м3
АЭС Дукованы	Хранение ЖРО	804
АЭС Темелин	Хранение ЖРО	148
ПЗРО Ричард	РАО, переданные на захоронение	8 201
ПЗРО Братство	РАО, переданные на захоронение	954
ПЗРО Дукованы	РАО, переданные на захоронение	12 565
Реж	Временное хранение ЖРО	17,5
Реж	Временное хранение твердых РАО	19,5

1. Ядерная энергетика Чехии

Эра ядерной энергетики в бывшей Чехословакии началась в 1950-х годах. В настоящее время в Чешской Республике действуют шесть ядерных энергетических реакторов, на долю которых в 2020 году пришлось 37,3 % производства электроэнергии.

2. Энергетическая политика и законодательное регулирование

18 мая 2015 г. Правительство Чехии утвердило обновленную версию Государственной энергетической политики Чешской Республики, подготовленную Министерством промышленности и торговли, с графиком до 2040 года. Энергетическая политика определяет всеобъемлющий набор приоритетов и долгосрочных целей с учетом энергетических, экологических, экономических и социальных интересов.

Намеченные стратегические цели основаны на энергетической стратегии Европейского Союза и направлены на достижение целей Государственной энергетической

политики для реализации долгосрочного видения энергетического сектора Чешской Республики. Главными стратегическими целями являются:

- (1) безопасность поставок энергии;
- (2) конкурентоспособность энергетического сектора и социальная приемлемость;
- (3) устойчивое развитие.

Энергетическая политика Чехии четко определяется факторами, связанными с международной энергетической политикой и мировым рынком, от которого зависит экономика Чехии в отношении импорта газа и нефти.

3. Общее энергетическое законодательство и законодательство в области обращения с РАО

Законодательная база в сфере энергетики основывается на следующих законодательных актах:

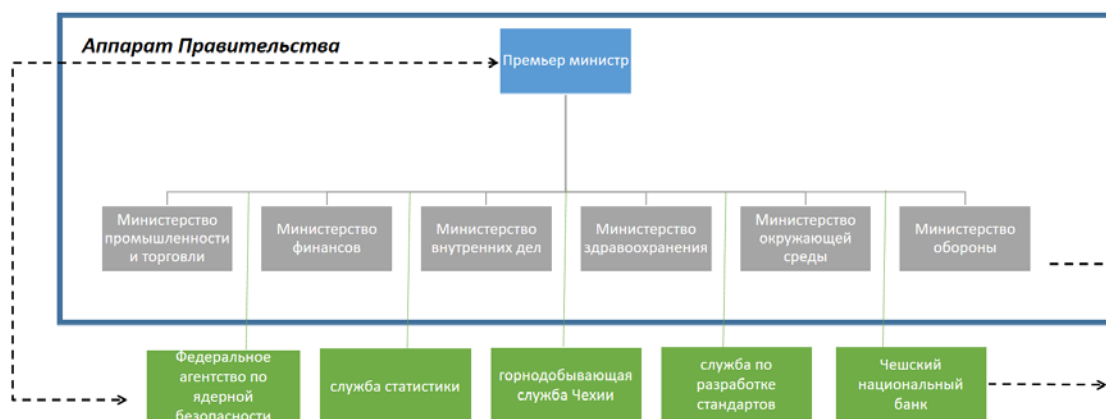
- Закон № 458/2000 (сборник законов) об условиях ведения бизнеса и государственном управлении в энергетическом секторе (Закон об энергетике) устанавливает новый режим для регулирования бизнеса в этом секторе. Согласно Закону об энергетике, производство, распределение, передача и торговля электроэнергией подлежат лицензированию.
- Закон № 406/2000 об управлении энергией оговаривает права и обязанности физических и юридических лиц в области управления энергией, в частности электроэнергией и тепловой энергией, а также газом и другими видами топлива.

Требования к обращению с радиоактивными отходами (РАО с ядерных установок и институциональные РАО) определены в Законе об атомной энергии и в Постановлении № 377/2016 «О требованиях к безопасному обращению с радиоактивными отходами и вывода из эксплуатации ядерных установок категория III или IV». Чешское законодательство в данной области включает, посредством ссылки в Законе об атомной энергии и в других нормативных актах, международные договоры, к которым присоединилась Чешская Республика (или бывшая ЧССР). В дополнение к упомянутым выше международным документам Чешская Республика подписала Договор о всеобъемлющем запрещении ядерных испытаний, однако он еще не вступил в силу. Чешская Республика также является активным членом IRS, INES и ENATOM в рамках систем МАГАТЭ.

Обязанность информировать о значительных событиях, влияющих на ядерную безопасность, также установлена в двусторонних соглашениях, заключенных Чешской Республикой или ее предшественниками в прошлом.

4. Регулирующий орган (органы)

Структура чешского правительства представлена ниже:



Министерство промышленности и торговли является министерством, несущим основную ответственность за общую политику в энергетическом секторе и поддержку отдельных областей.

Федеральное агентство по ядерной безопасности (SÚJB) относится к группе регулирующих правительственных учреждений наряду с Чешским управлением горнодобывающей промышленности (эти учреждения имеют свой собственный бюджет, не связанный с министерством). Руководители этих организаций назначаются Кабинетом министров на профессиональной основе.

SÚJB был создан в качестве национального регулирующего органа Чешской Республики для надзора за ядерной безопасностью и радиационной защитой 1 января 1993 года Законом № 21/1992. Правовая база деятельности SÚJB предусмотрена Законом № 263/2016, Законом об атомной энергии.

В соответствии с Законом об атомной энергии в обязанности SÚJB входит, в т.ч.:

а) выдача лицензий на осуществление деятельности, регистрация и получение уведомления о деятельности;

б) утверждение типа упаковок для перевозки, хранения или захоронения радиоактивных или делящихся материалов, источников ионизирующего излучения и других ядерных материалов;

в) выдача разрешения на осуществление деятельности, имеющей особое значение для ядерной безопасности и радиационной защиты;

г) утверждение документации для лицензируемой деятельности;

д) мониторинг и оценка облучения, регулирование облучения физических лиц, включая облучение от естественных источников излучения;

е) принятие решения по обращению с ядерными материалами, источниками ионизирующего излучения или радиоактивными отходами в случаях, когда они управляются в противоречии с законодательством;

ж) представление заключения по политике территориального развития и документации территориального планирования с точки зрения ядерной безопасности, радиационной защиты, технической безопасности, мониторинга радиационной обстановки, управления чрезвычайными радиационными событиями и безопасности деятельности, связанной с использованием ядерной энергии и деятельность в ситуациях облучения

з) предоставление информации в области обращения с радиоактивными отходами и отработавшим топливом;

и) вынесение обязательных заключений по решениям по территориальному планированию, касающимся строительства на земле, где размещается закрытый ПЗРО; в обязательных мнениях должно быть указано, является ли предполагаемый план приемлемым с точки зрения радиационной защиты и мониторинга радиационной обстановки, и изложены условия обеспечения радиационной защиты и мониторинга радиационной ситуации, относящиеся к этому плану;

к) управление и проведение мониторинга радиационной обстановки на территории Чешской Республики, включая сравнительные измерения, организованные Европейской комиссией, оценка результатов, сообщение данных мониторинга радиационной обстановки в Европейскую комиссию.

5. Обращение с радиоактивными отходами

В январе 2016 года чешское правительство приняло решение вывести из эксплуатации урановый рудник на месторождении Рожна до конца 2017 г. Филиал GEAM Dolní Rožinka государственного предприятия DIAMO устраняет последствия деятельности по добыче урана, включая очистку шахтных вод в населенных пунктах, где были прекращены работы шахт. Подземная исследовательская лаборатория в Букове была построена на месте шахты Рожна I.

Хранение отработавшего топлива обеспечивается его генераторами: CEZ (с АЭС) и Исследовательским центром Rež (с исследовательских реакторов). Отработавшее ядерное топливо, извлеченное из реакторов, хранится в бассейнах выдержки (примерно 7–10 лет), а затем в сухих хранилищах (примерно 40–60 лет), которые расположены на площадках электростанций.

Строительство глубокого геологического хранилища заявлено в Политике обращения с радиоактивными отходами и отработавшим ядерным топливом в Чешской Республике, подготовленной SÚRAO (аналог Национального оператора по обращению с радиоактивными отходами). Политика соответствует требованиям Директивы Совета 2011/70/Евратом. В соответствии с рекомендацией, содержащейся в этих директивах и рекомендациях, представленных Рабочей группой Европейского форума по ядерной энергии (Информация и прозрачность), в настоящее время обсуждается вопрос о внедрении национальных законодательных рамок в процессе выбора площадки. Исходя из предварительного графика, выбор окончательной и резервной конечных площадок запланирован на основании решения правительства на 2030 год; строительство глубокого геологического хранилища запланировано на 2050–2064 годы; ввод хранилища в эксплуатацию запланирован на 2065 год. В конце 2020 года правительство согласовало короткий список из 4х участков для размещения глубокого геологического хранилища.

Потребность во вместимости ПГЗРО может составить около 10 000 т ТМ, по текущим оценкам. Ожидается, что в ПГЗРО будут размещены:

- все РАО, которые не могут быть захоронены в приповерхностных хранилищах,
- ОЯТ, заявленное как РАО,
- при необходимости, также ВАО от потенциальной переработки ОЯТ с АЭС «Дукованы» и АЭС «Темелин»,
- а также ОЯТ и ВАО с других ядерных установок.

Заглубленный наземный пункт захоронения радиоактивных отходов эксплуатируется компанией SÚRAO на территории АЭС «Дукованы». Он предназначен для размещения всех будущих низкоактивных радиоактивных отходов как с АЭС «Дукованы», так и с АЭС «Темелин».

Пункт захоронения радиоактивных отходов низкого и среднего уровня, образующихся в результате медицинских и промышленных применений, расположен в заброшенной известняковой шахте Рышард, недалеко от Литомерице на севере Чешской Республики. Он начал функционировать в 1964 году. Другой пункт, Братства, для отходов, содержащих только природные радионуклиды, расположен недалеко от Яхимова в северо-западной части Чешской Республики и действует с 1974 года. ПЗРО Хостим, недалеко от Бороуна, было закрыто в 1997 году и в настоящее время контролируется SÚRAO.

ПЗРО Рышард

Этот пункт захоронения используется в основном для захоронения институциональных РАО, содержащих искусственные радионуклиды. В основном эти РАО включают закрытые источники радионуклидов, собранные источники радионуклидов от пожарных детекторов и ядерные материалы.



План ПЗРО

В 2016 г. был подготовлен пересмотр обоснования и анализа безопасности в целях подтверждения необходимой вместимости ПЗРО и актуализации оценки уже предложенного метода закрытия и вывода из эксплуатации. В 2019 г. был подготовлен пересмотр обоснования безопасности, включая пересмотр гидрогеологической модели, и поднят вопрос о возможном расширении площадей захоронения на ранее неиспользуемые помещения в северной части объекта.

В 2018 г. был подготовлен проект комплексной реконструкции подземной и наземной части объекта.

Вторая фаза реконструкции ПЗРО Ричард, которая обеспечит достаточную мощность ПЗРО до начала эксплуатации ПГЗРО, будет начата после завершения первой фазы реконструкции. Второй этап реконструкции будет включать модернизацию наземного комплекса приема РАО.

Метод закрытия ПЗРО предусмотрен в плане вывода из эксплуатации и закрытия, а последний план был одобрен SÚJB в январе 2020 года. Ожидается, что камеры для захоронения и туннели для доступа будут заполнены смесью на основе цемента или глинистого уплотнительного материала. Институциональный контроль ожидается в течение 120 лет после завершения вывода из эксплуатации. Программа мониторинга на период после закрытия еще не предложена.

ПЗРО Братрстви

Пункт захоронения предназначен для захоронения РАО, содержащих природные радионуклиды.



План ПЗРО

В 2019 г. для этого ПЗРО также был подготовлен пересмотр обоснования безопасности, включая пересмотр гидрогеологической модели.

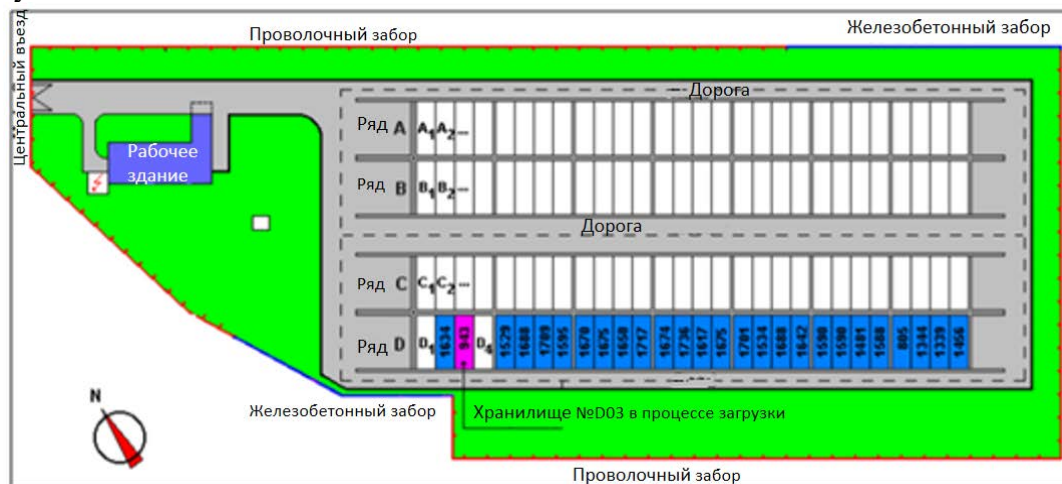
Было принято решение о продлении эксплуатации ПЗРО Братрстви еще на несколько лет. Закрытие ПЗРО планируется на период после 2025 г.

Метод закрытия ПЗРО представлен в плане вывода из эксплуатации, а последний план был одобрен SÚJB еще в 2013 году. Ожидается, что помещения для захоронения и туннели для доступа будут заполнены смесью на основе бентонитов или цемента.

Институциональный контроль ожидается в течение 120 лет после прекращения эксплуатации. Программа мониторинга на период после закрытия еще не предложена.

ПЗРО Дукованы

ПЗРО используется для захоронения низко- и среднеактивных отходов как атомных электростанций на территории Чешской Республики, так и ограниченного количества институциональных РАО.



План ПЗРО

Обновление отчета по безопасности было выполнено в 2016 г. В 2019 г. был подготовлен пересмотр обоснования безопасности, включая пересмотр гидрогеологической модели.

В 2019 г. начата реконструкция ПЗРО Дукованы. В 2020 г. было проведено исследование по дальнейшему развитию ПЗРО.

Метод закрытия ПЗРО предусмотрен в плане вывода из эксплуатации и закрытия, а последний план был утвержден SÚJB в январе 2020 г. Закрытие предполагается путем нанесения слоев герметизирующих материалов. Институциональный контроль ожидается в течение 300 лет после вывода из эксплуатации. Программа мониторинга на период после закрытия еще не предложена.

6. Международное сотрудничество и инициативы

Чешская Республика поддерживает плодотворное международное сотрудничество с рядом международных ядерных организаций и является членом ряда международных ядерных организаций и ассоциаций, таких как МАГАТЭ, Агентство по ядерной энергии Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР/АЯЭ), Всемирная ассоциация операторов атомных станций, Западноевропейская Ассоциация ядерных регуляторов, Форум ВВЭР (учрежден регулирующими органами стран, эксплуатирующих реакторы советского образца), Ассоциация стран с небольшими ядерными программами.

7. Информирование и взаимодействие с заинтересованными сторонами

Взаимодействие государственных учреждений с общественностью осуществляется на основе открытости и прозрачности. Хотя данная деятельность регулируется Законом № 106/1999 о свободном доступе к информации и Законом № 500/2004 об администрации, на практике взаимодействие реализуется при помощи использования интернет-услуг.

8. Будущее развитие атомной энергетики

Обновленная Государственная энергетическая политика Чешской Республики рассматривает ядерную энергетику как возможный и желательный вариант.

В рамках Государственной энергетической политики изложен ряд вопросов для рассмотрения на будущее, в том числе:

(1) поддержка развития ядерной энергетики, включая достижение цели, которая предполагает увеличение доли ядерной энергии до 50% от объема вырабатываемой электроэнергии и поставок тепла с АЭС;

(2) поддержка и ускорение процесса переговоров, подготовки и внедрения новых ядерных установок на существующих площадках АЭС с общей мощностью до 2500 МВт или годовой производительностью около 20 ТВтч к 2030-2035 годам;

(3) создание условий для продления срока службы станции в Дукованах до 50 или 60 лет с учетом существующих технологий, правил безопасности и охраны, экономики и правил Европейского союза;

(4) планирование потенциального строительства нового блока на существующих площадках АЭС в соответствии с ожидаемым выводом из эксплуатации АЭС в Дукованах (т. е. после 2035 года);

(5) принятие решения о захоронении радиоактивных отходов к 2025 году.

Кроме того, в политике рекомендуется шире использовать тепловую энергию, получаемую из ядерных источников, для обогрева крупных городских агломераций. Если ядерная энергия будет использоваться в течение длительного периода времени, также необходимо будет изучить и подготовить, по мере необходимости, площадки для будущих дополнительных атомных электростанций после 2040 года.

ШВЕЙЦАРИЯ

Стратегия обращения с ОЯТ

Прямое захоронение без предварительной переработки

Организационные аспекты

Органы государственного управления в области обращения с ОЯТ и РАО	DETEC — Федеральное министерство охраны окружающей
	SFOE — Федеральное энергетическое управление Швейцарии (www.sfoe.admin.ch)
Организация, ответственная за реализацию проекта по захоронению ОЯТ и РАО (разработка проекта, НИОКР, лицензирование, строительство, эксплуатация)	Nagra — Национальное кооперативное общество по захоронению РАО (www.nagra.ch)

Основные регулирующие органы

Органы государственного регулирования безопасности в области атомной энергии	ENSI — Федеральная инспекция по ядерной безопасности (www.ensi.ch)
	NSC — Федеральная комиссия по ядерной безопасности
Орган государственного регулирования в области охраны окружающей среды	FOEN — Федеральное управление охраны окружающей среды (http://www.bafu.admin.ch)
Орган государственного регулирования в области радиационной защиты	FOPH — Федеральное управление здравоохранения (http://www.bag.admin.ch)
Орган государственного регулирования в области территориального планирования	ARE — Федеральное управление территориального развития (http://www.are.admin.ch)

1. Обзор атомной энергетики Швейцарии

Атомная энергетика в Швейцарии вырабатывает 35,2% всего объема электричества в стране¹⁵. В настоящий момент Швейцария располагает 3 действующими атомными электростанциями (АЭС Безнау – 2 блока PWR; АЭС Гёсген – 1 блок PWR; АЭС Лайбштадт – 1 блок BWR).

В соответствии с пересмотренным в 2018 г. Законом о ядерной энергии¹⁶, постройка и ввод в эксплуатацию новых АЭС запрещается, в то время как существующие действующие атомные электростанции могут продолжать функционировать до тех пор, пока они соответствуют нормам безопасной эксплуатации¹⁷.

Новая редакция Закона о ядерной энергии также внесла окончательные правки в вопрос экспорта отработавшего ядерного топлива для переработки. Ранее процесс переработки ОЯТ Швейцарии осуществлялся за пределами национальных территорий – в основном во Франции и Великобритании. Плутоний и уран, полученные посредством повторной обработки, использовались для производства ядерного топлива, и вместе с радиоактивными отходами, возникшими в результате данного процесса, возвращались в полном объеме в Швейцарию. Современная редакция Закона о ядерной энергии установила полноценный запрет на экспорт отработавшего ядерного

¹⁵ В соответствии с официальными данными Федерального управления энергетики Министерства окружающей среды, транспорта, энергетики и коммуникаций Швейцарии на конец 2020 года, URL: [<https://energieplus.com/2021/02/19/schweizer-elektrizitaetsbilanz-2020-pandemie-laesst-stromverbrauch-sinken/?translateto=en>].

¹⁶ Nuclear Energy Act, URL: [<https://www.fedlex.admin.ch/eli/cc/2004/723/de>].

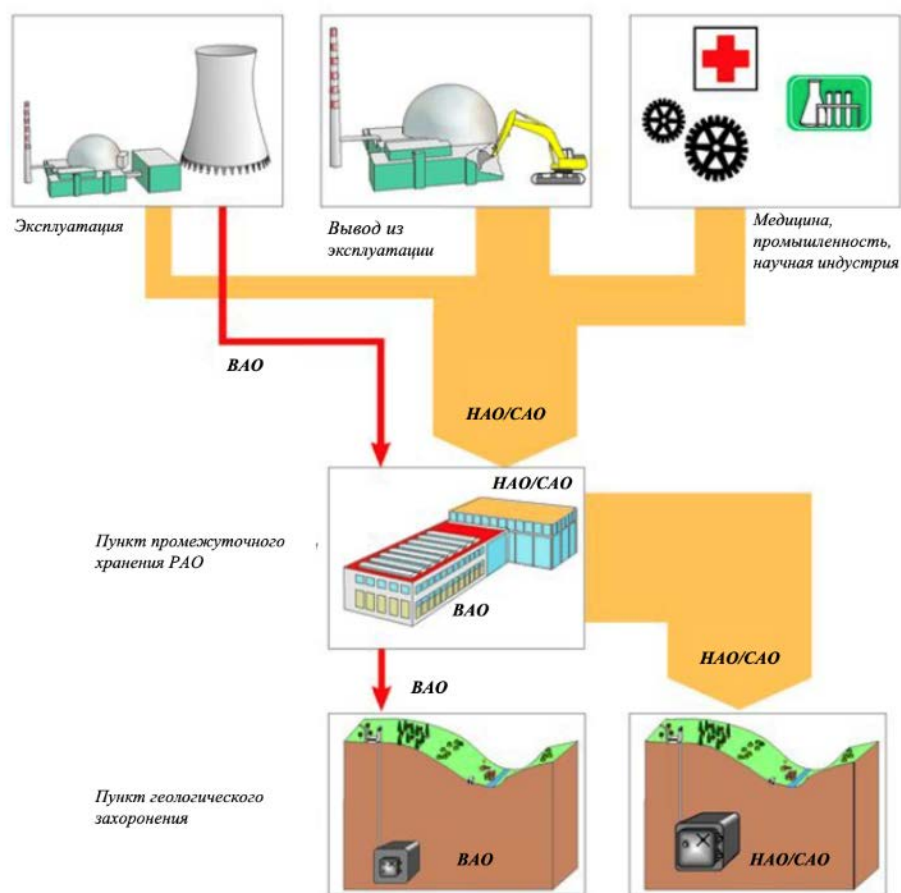
¹⁷ Art.12a, Nuclear Energy Act.

топлива для переработки¹⁸. Таким образом, в настоящий момент все ОЯТ классифицируется в качестве радиоактивных отходов и подлежит окончательной изоляции в пункте геологического захоронения.

Современная Швейцарская концепция захоронения РАО предусматривает создание двух пунктов утилизации, отдельно для высокоактивных отходов и отдельно для низко- и среднеактивных отходов, но в пределах одной площадки. Стоит отметить, что реализация проекта объединённого пункта геологического захоронения находится на стадии выбора площадки¹⁹. Таким образом, на данный момент, все РАО Швейцарии размещаются в пунктах промежуточного и централизованного хранения. Кроме того, каждая АЭС располагает установками по обращению и кондиционированию РАО

2. Классификация и реестр РАО

Основным источником радиоактивных отходов в Швейцарии являются атомные электростанции. Частично радиоактивные отходы могут появляться в результате использования радионуклидов в медицинской, промышленной и научной индустрии.



Основные источники РАО в Швейцарии²⁰

В отличие от общепринятой МАГАТЭ классификации РАО, швейцарская система предусматривает более упрощённый подход и подразделяет радиоактивные отходы лишь на три класса²¹:

- **Высокоактивные отходы** – к ним относят ОЯТ (твэлы и твс) ядерных реакторов атомных электростанций).

¹⁸ Art. 9, Nuclear Energy Act.

¹⁹ «Guiding principles of waste management», Nagra's Annual Report 2020, p. 7.

²⁰ «Implementation of the Obligations of the Joint Convention on the Safety of Spent Fuel Management and on the Safety of Radioactive Waste Management», 7th National Report of Switzerland in Accordance with Article 32 of the Convention, October 2020.

²¹ «Types of Radioactive Waste», Официальный сайт национального оператора по обращению с радиоактивными отходами Швейцарии NAGRA, URL: [https://www.nagra.ch/en/types-of-radioactive-waste].

- **Альфа-токсичные отходы** – НАО/САО с высоким содержанием альфа-излучателей (более 20 000 Бк/г)²² и длительным периодом полураспада.

- **Низко и средне активные отходы** – все остальные РАО (производственные отходы работы АЭС, такие как загрязнённое защитное оборудование и его части, чистящие материалы, инструменты, концентрированные сточные воды, ионообменные смолы и фильтры систем очистки; кроме того, к НАО и САО относят радиоактивные отходы, полученные в ходе медицинской, научной и иной промышленной деятельности).

С целью обобщения и систематизации информации о всех накопленных РАО Швейцарии, швейцарские АЭС, предприятия по обращению с радиоактивными отходами, а также Национальное кооперативное общество по захоронению РАО (Nagra) договорились о создании общей электронной базы данных о накопленных РАО. Швейцарский реестр РАО получил название Информационная Система Радиоактивных Материалов (ISRAM). ISRAM постоянно хранит и обновляет данные о количестве различных видов РАО, о типах упаковок для отходов, отслеживает необработанные отходы на складах АЭС, ведёт учёт ОЯТ на АЭС и в промежуточных хранилищах.

3. Субъекты, ответственные за обращение с РАО

В соответствии с международным принципом «загрязняющий платит», производители отходов несут ответственность за их утилизацию и покрытие расходов, связанных с ней. Советующие правовые нормы закреплены в Законе о ядерной энергии и Постановлении о ядерной энергии Швейцарии и основываются на принципах защиты жизни граждан и охраны окружающей среды.

Так как в Швейцарии основным источником РАО являются атомные электростанции, именно операторы ядерных установок несут ответственность за обращение с ОЯТ и РАО. На них возлагается обязательство подготовить ОЯТ и РАО для транспортировки, их хранение до момента ввода в эксплуатацию пункта геологического захоронения, а также операторы ядерных установок за собственные средства обеспечивает окончательную утилизацию радиоактивных отходов.

Полную ответственность за безопасное обращение с радиоактивными отходами, полученными в результате деятельности по использованию радиоизотопов в медицинской, промышленной и научной индустрии, несёт государство.

4. Регулирующие органы в сфере обращения с РАО

Стороны-участники Объединенной конвенции о безопасности обращения с отработавшим топливом и о безопасности обращения с радиоактивными отходами 1997 г. связаны обязательством создать и поддерживать регулируемую основу для обеспечения безопасности в области обращения с РАО. Законодательная и регулирующая основы включают в себя введение национальных требований в отношении ядерной безопасности, систему лицензирования и ответственности вовлечённых сторон, а также необходимость обеспечения чёткого разграничения обязанностей и функций органов, занимающихся отдельными стадиями обращения с ОЯТ и РАО²³. В Швейцарии регулирующий орган, созданный во исполнение вышеуказанного положения Конвенции представлен сразу несколькими учреждениями и организациями.

Федеральный Совет (Federal Council) выдает генеральную лицензию, в сущности – политическое решение о постройке какого-либо объекта, которая должна быть одобрена Парламентом и подлежит факультативному референдуму. В ведение Федерального Совета также входит издание приказов о закрытии объектов по захоронению отходов;

²² Nuclear Energy Ordinance.

²³ Ст. 19-20, Объединённой конвенции о безопасности обращения с отработавшим топливом и о безопасности обращения с радиоактивными отходами, 5 сентября 1997 года, URL: [https://www.iaea.org/sites/default/files/infirc546_rus.pdf].

Министерство охраны окружающей среды, транспорта, энергетики и связи (DETEC) является органом, лицензирующим строительство и эксплуатацию ядерных установок. Кроме того, DETEC выдаёт лицензии на проведение геологических исследований, осуществляемых при захоронении РАО;

Федеральное управление энергетики (FOE) также представляет собой лицензирующий орган для получения всех остальных видов лицензий в области обращения с ОЯТ и РАО;

Федеральная инспекция по ядерной безопасности (ENSI) – компетентный орган, осуществляющий надзор за ядерными установками в части соблюдения требований в отношении радиационной защиты и ядерной безопасности на всех стадиях их жизненного цикла. Инспекция отвечает за оценку безопасности в процессе выбора площадки. С 2008 года ENSI выполняет три основные функции:

- конкретизирует требования безопасности, установленные в нормативно-правовых актах,
- рассматривает заявки на получение лицензий и
- осуществляет надзор за ядерными установками, подготовкой к захоронению радиоактивных отходов и транспортировкой радиоактивных материалов с ядерных площадок и на них;

Федеральное управление здравоохранения (FOPH) осуществляет надзор за обращением с радиоактивными материалами в медицинских и научно-исследовательских учреждениях и является основным органом по лицензированию обращения с радиоактивными материалами, которые не подпадают под действие Закона о ядерной энергии;

Швейцарский Национальный фонд страхования от несчастных случаев (Suva) осуществляет надзор за производственной практикой работников на АЭС;

Национальный центр чрезвычайных ситуаций (NEOC) – часть Министерства обороны, гражданской защиты и спорта Швейцарии – отвечает за все чрезвычайные ситуации, в том числе возникающие в результате событий на АЭС и связанные с защитой населения и окружающей среды.

В дополнение к вышеуказанным организациям в Швейцарии был создан ряд консультативных органов по обращению с ОЯТ и РАО (**Федеральная комиссия по ядерной безопасности (NSC)**, **Межведомственная рабочая группа по обращению с РАО (AGNEB)**, **Экспертная группа по геологическому захоронению (EGT)**).

Национальное кооперативное общество по захоронению РАО (Nagra) было учреждено совместно операторами атомных электростанций и Федеральным Правительством для реализации проектов захоронения РАО, в том числе для разработки концепции утилизации всех категорий радиоактивных отходов.



Заинтересованные стороны в сфере обращения с РАО в Швейцарии

5. Пункты хранения ОЯТ в Швейцарии

Помимо приреакторных бассейнов выдержки ОЯТ на 4х площадках АЭС, в Швейцарии существуют следующие объекты по обращению с отработавшим топливом:

- **ZZL** – пункт централизованного временного хранилища (сухое хранение ОЯТ и остеклованных ВАО) в коммуне Вюренлинген, принадлежащим компании Звилаг (Zwilag). ZZL введен в эксплуатацию в 2001 г. и рассчитан на 200 ТУК.
- **ZWIBEZ** – пункт временного хранилища, расположенные на площадке АЭС Безнау. ZWIBEZ действует с 2008 г. и рассчитан на 48 ТУК для ОЯТ и остеклованных ВАО.
- **Nasslager** – мокрое хранилище ОЯТ на площадке АЭС Гёсген. Nasslager представляет собой внешний бассейн, рассчитанный на 1008 ОТВС АЭС. Ввод в эксплуатацию в 2008 г., на текущий момент заполнение на 50%. Планируется оптимизировать конструкции для размещения ОТВС для повышения вместимости пункта до 1206 ОТВС.

Реестр ОЯТ в пунктах хранения Швейцарии (состояние на декабрь 2019 г.)

Пункт хранения	Количество ОТВС	Суммарная масса, тТМ	Суммарная активность, Бк.
АЭС Безнау (вкл. ZWIBEZ)	1056	341,7	$7,3 \cdot 10^{18}$
АЭС Мюлеберг	178	31,2	$1,2 \cdot 10^{18}$
АЭС Гёсген (вкл. Nasslager)	696	281,1	$10,0 \cdot 10^{18}$
АЭС Лайбштадт	1553	262,2	$7,6 \cdot 10^{18}$
ZZL	3561	590,7	$7,8 \cdot 10^{18}$

6. Пункты хранения РАО в Швейцарии

Реестр РАО в пунктах хранения Швейцарии (состояние на декабрь 2019 г.)

Пункт хранения	Класс РАО	Объём, м ³ .	Суммарная активность альфа, Бк.	Суммарная активность бета/гамма, Бк.
АЭС Безнау (вкл. ZWIBEZ)	НАО/САО, конд. НАО/САО, неконд.	1199 28	$8,5 \cdot 10^{10}$ $1,1 \cdot 10^9$	$5,1 \cdot 10^{14}$ $5,8 \cdot 10^{11}$
АЭС Мюлеберг	НАО/САО, конд. НАО/САО, неконд.	797 62	$1,6 \cdot 10^{12}$ $1,6 \cdot 10^8$	$1,6 \cdot 10^{15}$ $7,4 \cdot 10^{11}$
АЭС Гёсген	НАО/САО, конд. НАО/САО, неконд.	109 18	$7,5 \cdot 10^9$ $1,8 \cdot 10^9$	$1,2 \cdot 10^{14}$ $1,4 \cdot 10^{12}$
АЭС Лайбштадт	НАО/САО, конд. НАО/САО, неконд.	1401 5	$6,0 \cdot 10^{10}$ $3,8 \cdot 10^7$	$2,5 \cdot 10^{14}$ $2,0 \cdot 10^{10}$
ZZL	ВАО, конд.	115	$1,0 \cdot 10^{17}$	$7,2 \cdot 10^{18}$
	Альфа-токс.,конд.	99	$2,8 \cdot 10^{14}$	$3,7 \cdot 10^{16}$
	НАО/САО, конд.	2253	$1,6 \cdot 10^{11}$	$1,6 \cdot 10^{15}$
	НАО/САО, неконд	391	$2,2 \cdot 10^{11}$	$8,8 \cdot 10^{12}$
PSI Институт Пола Шеррера, где расположены Национальный центр по сбору радиоактивных отходов неядерного происхождения и Федеральное временное хранилище (BZL) Швейцарии, которое вмещает до 2100 м ³ отходов.	Альфа-токс.,конд.	68	$2,2 \cdot 10^{13}$	$5,4 \cdot 10^{14}$
	Альфа-токс.,неконд.	15	$1,2 \cdot 10^{13}$	$1,6 \cdot 10^{14}$
	НАО/САО, конд.	1555	$7,8 \cdot 10^{11}$	$1,2 \cdot 10^{16}$
	НАО/САО, неконд	549	$3,5 \cdot 10^{10}$	$8,7 \cdot 10^{13}$

7. Проект пункта глубинного захоронения РАО в Швейцарии

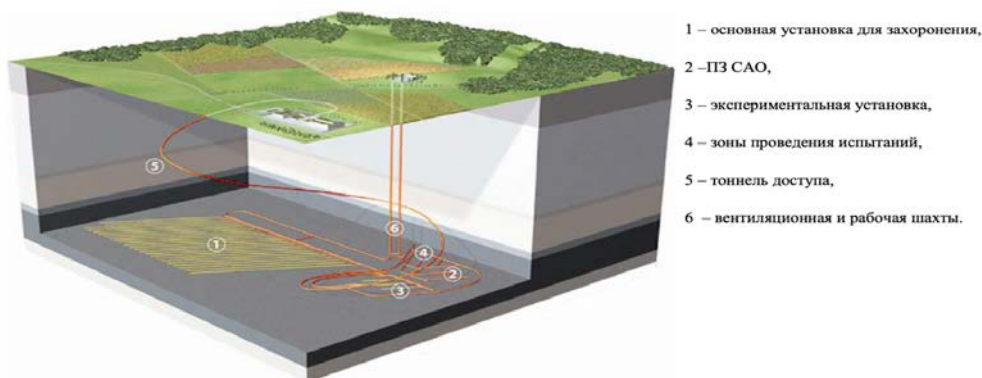
Швейцария не имеет действующего ПГЗРО. Разрабатываемая Национальным кооперативным обществом по захоронению РАО (Nagra) концепция утилизации РАО предусматривает постройку двух пунктов глубинного геологического захоронения: одного для отходов низко- и среднеактивных, второго отдельно для высокоактивных отходов (включая ОЯТ). Кроме того, стоит отметить интересную деталь проекта Швейцарии: предполагается, что оба пункта захоронения будут расположены на одной площадке, то есть будет создано объединённое хранилище как для ВАО, так и для НАО/САО.

В соответствии с законодательством в области ядерной энергетики, постройка отдельных пунктов глубинного захоронения различных типов РАО на одной площадке возможно, если данный пункт обеспечивается всеми необходимыми гарантиями безопасной и постоянной утилизации отходов²⁴.

В Швейцарии действуют две подземные лаборатории, которые позволяют ученым проводить эксперименты непосредственно в наиболее реалистичных условиях. Nagra имеет собственную лабораторию – испытательная площадка Гримзель в кантоне Берн, сооруженная на глубине 450 м во вмещающих породах из гранита. Также Nagra проводит свои исследования в государственной лаборатории Монт-Терри в кантоне Юра на глубине 250–320 м в глинистых формациях. Исследователи изучают породу и ее поведение и анализируют, как работают спроектированные защитные барьеры, а также оценивают

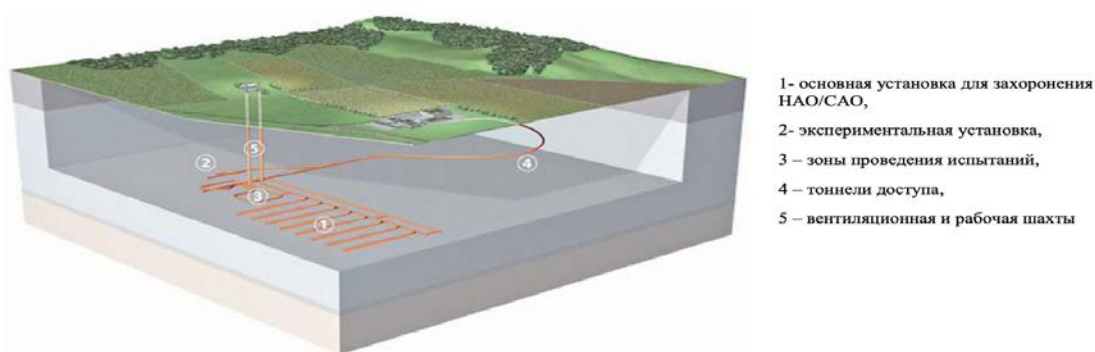
²⁴ «Implementation of the Obligations of the Joint Convention on the Safety of Spent Fuel Management and on the Safety of Radioactive Waste Management», 7th National Report of Switzerland in Accordance with Article 32 of the Convention, October 2020, p.12.

поведение токсичных веществ при транспортировке в защитных барьерах и в горных породах. Все эти эксперименты предоставляют важную информацию для строительства ПГЗРО и его долгосрочной безопасности.



O

Пункт геологического захоронения ОЯТ и ВАО



Пункт геологического захоронения НАО и САО

Выбор площадки для пункта глубинного захоронения РАО

Проект постройки пункта глубинного захоронения радиоактивных отходов в Швейцарии прошел этап выбора подходящей площадки. Процесс выбора площадки для ПГЗРО длился 14 лет и проводился в соответствии с «Отраслевым планом пунктов глубинных геологических захоронений», установленным Федеральным правительством. В результате рассматривались три предполагаемых региона для постройки ПГЗРО: Юра-Ост (Jura-Ost), Цюрих-Нордост (Zürcher Nordost) и Нордlich Лагерн (Nördlich Lägern).

Три региона-кандидата для постройки объединённого ПГЗ для ВАО, НАО и САО в Швейцарии (на начало 2022 года)

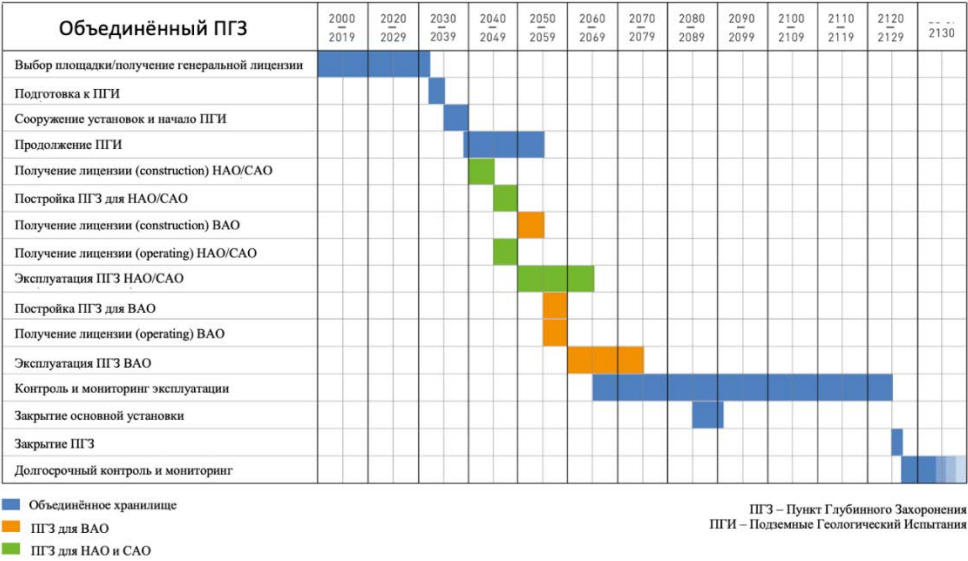


В сентябре 2022 г. Nagra представила доклад, обосновывающий выбор наиболее благоприятного региона для размещения глубинного геологического захоронения. Это Нордlich Лагерн (Nördlich Lägern).

Nagra намерена к 2024 году подготовить заявку на получение генеральной лицензии на строительство хранилища и завода по инкапсуляции ОЯТ. Подача этой заявки в Федеральный Совет запланирована на 2024 год. В случае, если парламент и правительство одобряют заявку, вопрос о строительстве этих объектов может быть вынесен на референдум для принятия окончательное решение.

Рассчитывается, что решение о месте постройки будущего пункта глубинного захоронения будет принято приблизительно в 2029–2030 гг. Федеральным Советом и уполномоченными организациями. Как только будет подтверждено определенное место, Nagra приступит к постройке первого пункта глубинного захоронения радиоактивных отходов в Швейцарии. Nagra оптимистично оценивает начало 2050х годов как дату первой приемки РАО на захоронение.

Временная шкала реализации пункта глубинного захоронения РАО в Швейцарии



ЮЖНАЯ КОРЕЯ

Организационные аспекты

Орган государственного управления в области обращения с ОЯТ и РАО	KORAD – Агентство Южной Кореи по обращению с радиоактивными отходами
Организация, ответственная за реализацию проекта по захоронению ОЯТ и РАО	KORAD – Агентство Южной Кореи по обращению с радиоактивными отходами Республики Корея KAERI – Научно-исследовательский институт атомной энергии Республики Корея

Основные регулирующие органы

Орган государственного регулирования безопасности в области атомной энергии	NSSC – Комитет по вопросам ядерной безопасности (вопросы регулирования безопасности) MOTIE – Министерство торговли, промышленности и энергетики (политика обращения с ОЯТ и РАО)
Орган, выдающий лицензии на строительство и эксплуатацию пунктов захоронения	NSSC – Комиссия по вопросам ядерной безопасности (орган, выдающий лицензию и разрешение на строительство ПЗРО) KINS – Институт ядерной безопасности Республики Корея (проводит оценку безопасности планируемого ПЗРО, на основе чего NSSC выдает лицензию)

Инвентарный реестр ОЯТ (хранение на АЭС) (на 31 марта 2020)

Площадка	Тип реактора	Тип хранения	МТУ
Кори	PWR	Мокрое	2 636,63
Сабыль	PWR	Мокрое	81,61
Ханбит	PWR	Мокрое	2 682,89
Хануль	PWR	Мокрое	2 493,27
Вольсон	PWR	Мокрое	214,83
	PWR	Мокрое	2 712,46
		сухое	6 098,91

Инвентаризация ОЯТ в бассейнах хранения научно-исследовательских объектов (на 31 марта 2020)

Научно-исследовательский объект	Инвентарное количество (МТУ)
ХАНАРО (многоцелевой научно-исследовательский реактор)	0,904
Площадка для хранения облучённого ОЯТ	3,320

Инвентарное количество РАО (на 31 марта 2020)

Площадка	Количество (бочки по 200 л)	Основные радионуклиды
РАО, хранящиеся на АЭС		
Кори	42 622	^3H , ^{60}Co , ^{137}Cs , ^{14}C и др.
Сабыль	247	^3H , ^{60}Co , ^{137}Cs , ^{14}C и др.
Ханбит	20 969	^3H , ^{60}Co , ^{137}Cs , ^{14}C и др.
Хануль	16 010	^3H , ^{60}Co , ^{137}Cs , ^{14}C и др.
Вольсон	10 770	^3H , ^{60}Co , ^{137}Cs , ^{14}C и др.
РАО, хранящиеся в КАЭРИ		
1 хранилище	8 799	^{60}Co , ^{137}Cs , ^{238}U и др.
2 хранилище	895	^{60}Co , ^{137}Cs , ^{238}U и др.

Хранилище для переработки возгораемых отходов	11 491	^{60}Co , ^{137}Cs , природный уран и др.
РАО, хранящиеся на производственной площадке для ядерного топлива		
Хранилище производственной площадки	9 016	^{234}U , ^{235}U , ^{238}U
Инвентарное количество источников излучения в КОРАД		
Хранилище для использованных источников	372 (открытые)	^{125}I , ^{99}Tc и др.
	189 (закрытые)	^{60}Co , ^{137}Cs , ^{241}Am и др.
Количество РАО на пункте захоронения НАО и САО		
Зона приемки/хранилище	2 969	^{60}Co , ^{137}Cs и др.
	45 (закрытые источники)	^{60}Co , ^{137}Cs , ^{241}Am и др.
Здание для размещения РАО	209 (открытые источники)	^3H , ^{14}C , ^{125}I , ^{99}Tc и др.
	60 (закрытые источники)	^{60}Co , ^{137}Cs , ^{241}Am и др.
	1 496 (асфальтобетон)	
Бункер	19 050	^{60}Co , ^{137}Cs , ^{59}Ni и др.
Другие площадки		
Тэкванг Индастриал (Ульсан)	8 635	
Тхэгутэк Ко (Дэгу)	52	

Проект создания пункта захоронения НАО и САО Вольсонг (WLCD)

Тип РАО на захоронение	НАО и САО
Тип вмещающих пород	Кристаллические породы
Регион расположения	Кёнджу
Плотность населения	211,5 ч/км ²
Площадь WLCD	2 060 000 м ²
Количество блоков/очередей ПЗРО	3
Начало строительства 1 очереди	Июль 2007
Ввод в эксплуатацию 1 очереди	Декабрь 2014
Тип 1 очереди ПЗРО	Подземного типа, шахтное хранилище
Вместимость	100 000 бочек по 200 л
Начало строительства 2 очереди	Декабрь 2015
Ввод в эксплуатацию 2 очереди	2022 (на данный момент разрешение на строительство и лицензия на захоронения рассматривается властями)
Тип 2 очереди ПЗРО	Наземного типа, инженерное хранилище
Вместимость	125 000 бочек по 200 л
Начало строительства 3 очереди	Январь 2019
Ввод в эксплуатацию 1 очереди	На данный момент неизвестен, идет подготовка к проекту
Тип 3 очереди ПЗРО	Приповерхностного типа, траншейное хранилище

Подземная исследовательская лаборатория KURT

KURT – это универсальная подземная исследовательская лаборатория (туннель) общей длиной 551 м с шестью исследовательскими модулями. Максимальная глубина туннеля составляет около 120 м от поверхности. В качестве вмещающей породы используется гранит, который рассматривается как потенциальный тип вмещающей породы для захоронения ВАО в Корее. Различные тесты и эксперименты на месте проводились с 2007 года. Опыт исследований, полученный с помощью KURT, дает важную

информацию для подтверждения безопасности и осуществимости системы глубокого геологического захоронения

1. Историческая справка

С момента начала промышленной эксплуатации энергоблока № 1 «Кори» в апреле 1978 года Корея продолжает строительство и эксплуатацию атомных электростанций (АЭС) и по состоянию на 31 марта 2020 года эксплуатирует 24 энергоблока.

Блок № 1 Кори и блок № 1 Вольсонг остановлены и находятся на стадии подготовки к выводу из эксплуатации.

После аварии на японской АЭС «Фукусима-1» в 2011 г. правительство Кореи учредило Комиссию по ядерной безопасности при Президенте для повышения независимости и прозрачности регулирования ядерной безопасности. В марте 2013 г. Комиссия была передана в ведение канцелярии Премьер-министра.

В марте 2008 г. был принят Закон об обращении с радиоактивными отходами (RWMA) для безопасного и эффективного обращения с радиоактивными отходами, а в январе 2009 г. была создана Корпорация Южной Кореи по обращению с радиоактивными отходами (KRMCO), переименованная в июле 2013 г. в Агентство Южной Кореи по обращению с радиоактивными отходами (KORAD). С декабря 2014 г. после прохождения предэксплуатационной инспекции регулирующего органа Агентство KORAD начало эксплуатировать 1-ую очередь пункта захоронения скально-кавернового типа для радиоактивных отходов низкого и среднего уровня активности (НАО и САО). В декабре 2015 г. агентство KORAD также подало в NSSC заявку на получение разрешения на строительство и лицензию на эксплуатацию 2-й очереди инженерного хранилища объекта захоронения отходов, которая в настоящее время находится на рассмотрении регулирующих органов.

В ноябре 2012 года правительство Кореи провело 2-е заседание Комитета по содействию развитию атомной энергии (АЕРС) и одобрило проект Плана по обращению с ОЯТ для проведения мероприятий по привлечению внимания общественности к вопросам обращения с отработавшим топливом. На основе рекомендаций Комиссии по взаимодействию с общественностью по вопросам обращения с ОЯТ в конце июля 2016 г. правительство разработало Базовый план по обращению с радиоактивными отходами высокой активности. В мае 2019 г. был создан Комитет по пересмотру политики обращения с ОЯТ, в частности, по вопросам учета мнения общественности и жителей населенных пунктов, находящихся в непосредственной близости к объектам использования атомной энергии.

ОЯТ АЭС находится в мокрых или сухих хранилищах. САО и НАО, вырабатываемые на атомных электростанциях, сперва размещаются в местных хранилищах, а затем транспортируются в пункт захоронения KORAD после инспекции, проводимой агентством на месте.

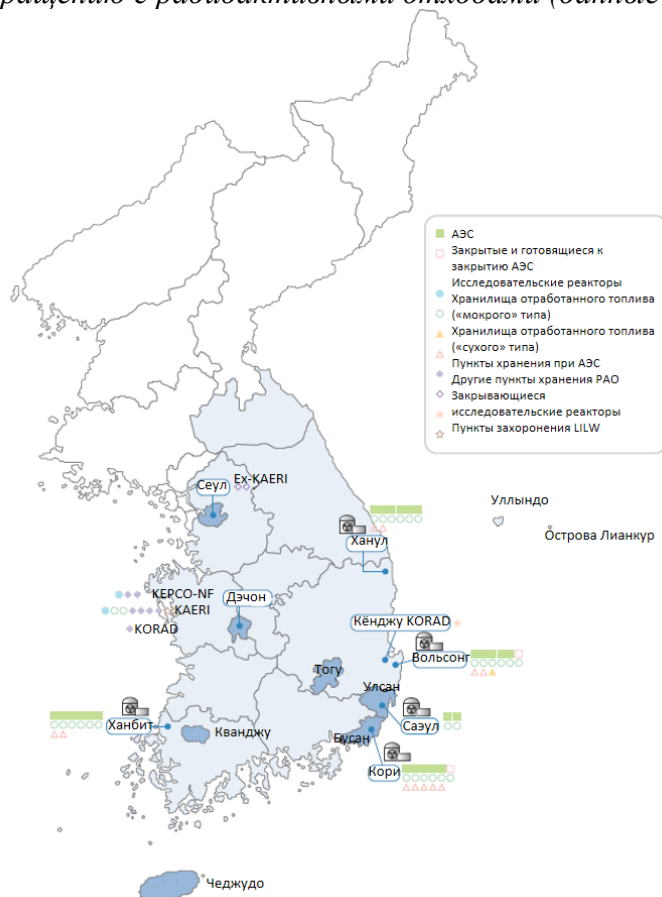
САО и НАО, полученные в результате работы исследовательского высокопоточного реактора усовершенствованной конструкции с применением нейтронов мощностью 30 МВт (HANARO) Корейского научно-исследовательского института атомной энергии (KAERI) в Тэджоне, либо хранились на месте, либо транспортировались в пункт захоронения KORAD. ОЯТ этого исследовательского реактора хранилось в приреакторном бассейне выдержки. Два других исследовательских реактора - Корейские исследовательские реакторы 1 и 2 (KRR-1 и 2), расположенные на бывшей площадке KAERI в Сеуле, в настоящее время выводятся компанией KAERI из эксплуатации после окончательной остановки.

Разрешение на строительство исследовательского реактора мощностью 15 МВт в Гиджанг-Гуне (Пусан) для производства радиоактивных изотопов медицинского и промышленного назначения, а также силовых полупроводниковых приборов было выдано в мае 2019 г.

Ядерное топливо для атомных электростанций производится Корейской электроэнергетической корпорацией (KEPCO NF) в Тэджоне, а радиоактивные отходы, образующиеся в процессе его изготовления, хранятся на складе для РАО KEPCO NF.

Число пользователей радиоизотопных (РИ) и радиогенерирующих устройств в медицинской, научно-исследовательской и промышленной областях неуклонно растет и по состоянию на март 2020 года составляет около 8800 пользователей, производящих различные виды радиоактивных отходов. Радиоизотопные отходы хранились в пункте обращения с РИ отходами KORAD в Тэджоне до июня 2015 г. и транспортируются на пункт захоронения НАО и САО KORAD в Кенджу с июля 2015 г.

Расположение и эксплуатационное состояние ядерных объектов и объектов по обращению с радиоактивными отходами (данные на март 2020 г.)



2. Законодательное регулирование

Национальными законами Южной Кореи об обращении с отработавшим ядерным топливом и радиоактивными отходами являются: Закон о ядерной безопасности (NSA), Закон об обращении с радиоактивными отходами (RWMA), Закон об оценке воздействия на окружающую среду и другие подзаконные акты²⁵. NSA был принят в качестве основного закона, касающегося правил безопасности обращения ОЯТ и РАО.

Более предметное регулирование вопросов обращения с ОЯТ и РАО содержится в Закон об обращении с радиоактивными отходами (RWMA). Последний подразделяется на 4 уровня:

²⁵Обращение с радиоактивными отходами в Республике Корея, Доклад Агентства по ядерной энергии, стр. 5, URL: <chrome-extension://oemmnclbldboiebfnladdacbfmadadm/https://www.oecd-neo.org/rwm/profiles/Korea_report_web.pdf>.

1. RWMA – устанавливает базовую систему норм по обращению с радиоактивными отходами и определяет основные вопросы продажи и эффективного обращения с радиоактивными отходами,
2. Указ о приведении в исполнение RWMA - устанавливает процедуры и административные вопросы обращения с радиоактивными отходами,
3. Постановление о применении RWMA – предусматривает детализированные нормы об обращении с ОЯТ и РАО, расширяет RWMA и Указ о приведении в исполнение RWMA,
4. Уведомление Министерства торговли, промышленности и энергетики – определяет детальное регулирование аспектов, связанных с техническими стандартами и административными процедурами.

3. Регулирующие организации

Комиссия по вопросам ядерной безопасности (далее - NSSC)

Правительство создало NSSC при Премьер-министре с целью защиты людей от радиационной опасности, связанной с производством и использованием ядерной энергии, а также с целью содействия общественной безопасности и охране окружающей среды, в соответствии с Законом о создании и функционировании Комиссии по ядерной безопасности. В число общих задач NSSC, связанных с управлением ядерной безопасностью, входит регулирование безопасности объектов использования атомной энергии, включая объекты обращения с радиоактивными отходами, научно-исследовательская деятельность и международное сотрудничество.

Региональные отделения NSSC, расположенные в непосредственной близости от ядерных объектов, отвечают за регулирование безопасности в местах нахождения ядерных реакторов, установок ядерного топливного цикла, установок по обращению с радиоактивными отходами, а также за работу с местными жителями и органами власти.

Отдел безопасности радиоактивных отходов был создан при Бюро по чрезвычайным радиационным ситуациям в феврале 2017 г. В его обязанности входит разработка политики в отношении РАО и ОЯТ, систем обращения с этими отходами, регулирование хранения, транспортировки и захоронения РАО и ОЯТ, а также регулирование безопасности и научно-исследовательские проекты, связанные с разработкой методик хранения, обращения и захоронения РАО, а также с временными хранилищами ОЯТ.

Ответственность за регулирование вывода из эксплуатации ядерных энергетических реакторов лежит на Отделе ядерной безопасности, а ответственность за стандартизацию разрешений / лицензий для объектов обращения с радиоактивными отходами лежит на Отделе стандартов безопасности, регулирование же в локациях расположения объектов по обращению с РАО лежит на Региональных бюро (Вольсонг и Ханбит).

Институт ядерной безопасности Республики Корея (KINS)

Институт ядерной безопасности Республики Корея (далее - KINS) был создан в феврале 1990 г. в качестве экспертной организации по регулированию ядерной безопасности, в соответствии с Законом о создании KINS. Институт выполняет задачи по регулированию системы ядерной безопасности, возложенные на NSSC в соответствии с законодательством, что включает в себя проверку безопасности в связи с лицензированием и разрешениями на эксплуатацию объектов использования ядерной энергии, инспекцию безопасности в связи с проектированием, строительством и эксплуатацией объектов использования ядерной энергии.

KINS открыл Международную школу ядерной безопасности (INSS), которая функционировала также в качестве азиатского учебного центра МАГАТЭ (с момента заключения соответствующего Соглашения о сотрудничестве в области ядерной безопасности с Международным агентством по атомной энергии).

Институт Южной Кореи по контролю и нераспространению ядерных технологий
(далее – KINAC)

KINAC основан в июне 2006 г. и осуществляет деятельность в области охраны объектов, связанных с ядерной энергией, а также в области создания защитных мер по работе с радиоактивными материалами и по контролю за импортом и экспортом, в том числе в области физической защиты и НИОКР.

4. Классификация РАО

Закон о ядерной безопасности определяет «радиоактивные отходы, включая ОЯТ» как радиоактивные материалы или материалы, загрязненные радиоактивными веществами, которые подлежат специализированному обращению. Исполнительный декрет Закона о ядерной безопасности определяет ВАО как радиоактивные отходы, концентрация радиоактивных веществ и скорость тепловыделения которых превышают уровни, предписанные NSSC. НАО и CAO - это радиоактивные отходы низкой и средней активности, которые не включены в две предыдущие категории. ВАО должны соответствовать как критериям радиоактивности, так и скорости тепловыделения, указанным в Стандартах NSSC по радиационной защите и т.д.:

- активность > 4000 Бк/г для альфа-излучающего радионуклида с периодом полураспада более 20 лет;
- скорость тепловыделения > 2 кВт/м³.

НАО и CAO классифицируются по критериям концентрации радиоактивности и подразделяются на три категории: радиоактивные отходы очень низкой активности (ОНАО), радиоактивные отходы низкой активности (НАО) и радиоактивные отходы средней активности (CAO). Данная система классификации НАО и CAO и предельных концентраций радиоактивности разработана с учетом особенностей имеющейся системы обращения с радиоактивными отходами в Корее, плана развития объектов захоронения радиоактивных отходов и Серии Стандартов безопасности МАГАТЭ № GSG-1 (Классификация радиоактивных отходов), опубликованной в 2009 г.

Матрица обращения с РАО и ОЯТ

Тип радиоактивных веществ	Долгосрочная политика по обращению	Финансирование деятельности	Практика/ пункты хранения или захоронения	Планируемые пункты хранения или захоронения
ОЯТ	В перспективе - разработка Плана по обращению с ОЯТ. Хранение на площадке АЭС до ввода в эксплуатацию специализированного хранилища ОЯТ	Производитель РАО платит за обращение с РАО путем внесения взносов в Фонд по обращению с РАО	Размещение в мокрых пристанционных хранилищах. ОЯТ реакторов на тяжелой воде размещается в сухих пристанционных хранилищах	В перспективе - разработка Плана по обращению с ОЯТ. Хранение на площадке АЭС до ввода в эксплуатацию специализированного хранилища ОЯТ
Отходы ядерного топливного цикла	Захоронение на ПЗРО для НАО и CAO	Производитель РАО платит за обращение с РАО путем внесения взносов в Фонд по обращению с РАО	Переработка, хранение, захоронение в ПЗРО НАО и CAO	Разрешение на строительство и лицензия на 2 очередь ПЗРО в Кёнджу находятся на рассмотрении регулятора
Отходы исследовательских реакторов и т.д.	Захоронение в ПЗРО для НАО и CAO	Производитель РАО платит за обращение с	РИ(радиоизотопные) отходы в Тэджоне направляются в	Разрешение на строительство и лицензия на 2

		РАО путем внесения взносов в Фонд по обращению с РАО	ПЗРО НАО и САО. Отходы КАЕРИ перерабатываются и хранятся, а после захораниваются в ПЗРО НАО и САО	очередь ПЗРО в Кёнджу находятся на рассмотрении регулятора
Отходы от вывода из эксплуатации	Немедленный демонтаж АЭС	Расходы на демонтаж АЭС аккумулируются каждый год Гидро- и атомно-энергетической компанией Кореи	KRR 1 и 2 находятся в процессе вывода из эксплуатации с 1997. Установка по конверсии урана научно-исследовательского института Кореи выведена из эксплуатации в 2012. Соответствующая лицензия отозвана.	Блоки 1 Кори и Вольсонг остановлены и готовятся к выводу из эксплуатации.
Отработанные закрытые источники ионизирующего излучения.	Исследования в области обращения с источниками ионизирующего излучения и разработка опций по утилизации.	Производитель РАО платит за обращение с РАО путем внесения взносов в Фонд по обращению с РАО.	ОЗРИ направляются в хранилище радиоизотопных материалов в Тэджоне. С июня 2015 ОЗРИ захораниваются на ПЗРО в Кёнджу.	Разрешение на строительство и лицензия на 2 очередь ПЗРО в Кёнджу находятся на рассмотрении регулятора.

5. Национальное агентство по обращению с РАО KORAD

KORAD состоит из головного офиса (Отдел обеспечения качества и безопасности, Административный отдел, Проектный отдел), центра финальной изоляции НАО и САО, Научно-исследовательского Института радиоактивных отходов и Центра управления фондами, который отвечает за Фонд управления радиоактивными отходами.

В компании KORAD работает в общей сложности 316 сотрудников. Основной обязанностью Центра финальной изоляции НАО и САО является эксплуатация объекта ПЗРО. Отдел эксплуатации объекта управляет общими процессами на объекте ПЗРО – от транспортировки, приемки и инспекции до захоронения отходов. Также отдел отвечает за управление радиационной безопасностью, экологическую оценку, учения по обеспечению готовности к чрезвычайным ситуациям и т.д.

Головной офис осуществляет деятельность, связанную с управлением, административной поддержкой, информированием общественности и контролем качества. В соответствии с Законом об обращении с РАО, производители радиоактивных отходов, включая источники ионизирующего излучения, оплачивают расходы, понесенные при обращении с этими РАО по факту их приемки. Расходы оплачиваются государственным фондом, таким образом KORAD получает бюджет, необходимый для обеспечения собственной деятельности. По состоянию на 2020 год было выделено 160,79 млрд вон (примерно 160 млн долларов США) на управление ПЗРО и обращение с РАО, 1,93 млрд вон (примерно 1,9 млн долларов США) на обращение с отработавшим топливом и 1,32 млрд вон (примерно 1 млн долларов США) на развитие технологий.

6. Существующие пункты захоронения

Объекты использования атомной энергии в Корее, включая объекты по обращению с радиоактивными отходами, строятся и эксплуатируются после прохождения надлежащей

оценки безопасности и получения разрешения в соответствии с Законом о ядерной безопасности и его подзаконными актами. Периодически проводится технический осмотр этих объектов, в соответствии с условиями регулятора. При пересмотре ранее утвержденных условий эксплуатации конкретного объекта необходимо соблюдать юридические процедуры, в соответствии с Законом о ядерной безопасности и его подзаконными актами, такие как разрешение на значительные изменения или уведомление о незначительных изменениях.

При планировании строительства и эксплуатации ПЗРО необходимо провести оценку безопасности в соответствии с положениями Закона о ядерной безопасности, включая предварительное и детальное исследование проекта объекта. На основании данных оценки составляется отчет о радиационной обстановке и исследовании объекта и передается в NSSC вместе с заявкой на предварительное разрешение

В настоящее время решение о выборе площадок под сооружение объектов по новым проектам не утверждено, за исключением пункта захоронения НАО и САО в Кёнджу.

До момента утверждения этой площадки в Кёнджу корейские власти в течение 19 лет пытались найти подходящую территорию для создания ПЗРО. Было рассмотрено 9 площадок. Правительством было принято решение провести общественные слушания и местный референдум, и только после этого площадка в Кёнджу была одобрена для строительства ПЗРО.

Кёнжду был выбран в том числе на основании самого высокого уровня согласия местного населения (89,5%) по сравнению с другими территориями-кандидатами – Гусан (84,4%), Ёнгбок (79,3%), Поханг (67,5%). На уровень согласия повлияли следующие принятые концептуальные решения:

- исключение ОЯТ из списка отходов, захораниваемых на площадке;
- принятие законодательных актов, повышающих заинтересованность административно-территориальных единиц в размещении площадки ПЗРО на своей территории;
- повышение прозрачности политики по обращению с РАО и обязательное голосование местных жителей.

Разрешение на строительство и эксплуатацию 1-й очереди пункта захоронения НАО и САО были выданы 31 июля 2008 г. Эксплуатация 1-й очереди объекта была начата после выполнения всех условий, указанные в разрешении на строительство и лицензии на эксплуатацию. Чтобы решить проблему нехватки площади и объема хранилищ РАО на приреакторных площадках АЭС в период строительства ПЗРО, KORAD получил одобрение регулятора и реализовал план предварительного использования (частичной эксплуатации) нескольких наземных объектов, включая здание приемки и временного хранения до окончательного завершения строительства 1-й очереди ПЗРО. С момента начала эксплуатации 1-й очереди комплекса радиоактивные отходы, хранящиеся в здании приемно-складского комплекса, были изолированы после проверки своей пригодности к захоронению. По состоянию на март 2020 г. объем НАО и САО, хранящийся в приемно-складском здании, составил 3 929 бочек (объемом 200 л), а 19 050 бочек (объемом 200 л) были утилизированы в шахтном хранилище.



Положение об эксплуатации 1-й очереди объекта финального захоронения содержит требования о периодической инспекции, инспекции объекта захоронения, инспекции контроля качества, а также специальной инспекции по учету и контролю ядерных материалов. Периодические проверки проводятся каждый год по 28 аспектам, включая целостность конструкций, проверку захоронения – по 4 параметрам, включая влияние захоронения РАО на окружающую среду. Контроль качества проводится по 18 пунктам, включая саму организацию контроля качества и программу обеспечения качества. Ежегодно проводятся специальные инспекции по учету и контролю ядерных материалов на соответствие утвержденным правилам учета и контроля.

KORAD продолжает отслеживать характеристики объекта (геологические, метеорологические, гидрологические и т.д.), которые, как ожидается, будут меняться со временем эксплуатации и после закрытия объекта захоронения.

НАО и САО с АЭС «Ханул», «Ханбит» и «Кори» транспортируются морем на ПЗРО. Транспортное судно для НАО и САО спроектировано, построено и одобрено Министерством океанов и рыболовства в соответствии со стандартами, установленными международными организациями, такими как МАГАТЭ и Международная морская организация, а также корейскими стандартами, такими как Закон о безопасности судов и Закон о ядерной безопасности. Безопасность судна была проверена Корейским регистром судоходства, а адекватность обеспечения радиационной безопасности судна, включая порядок его эксплуатации, была проверена в ходе инспекций KINS.

НАО и САО с объектов в центре страны, включая АЭС «Вольсонг» и KAERI, чья транспортировка морем невозможна, транспортируются на ПЗРО с помощью автотранспорта. При транспортировке НАО и САО объемом более 1,6 м³ безопасность транспортного контейнера и адекватность эксплуатационных процедур проверяются посредством транспортной декларации и соответствия техническим стандартам, определенным в законах и нормативных актах, касающихся ядерной безопасности. В случае, если транспортный контейнер для НАО и САО подлежит лицензированию, все подобные контейнеры должны пройти утверждение проекта и проверку, прежде чем он будет использоваться для перевозки НАО и САО

7. Ответственность за ядерную безопасность

В соответствии с Законом об обращении с РАО оператор по обращению с радиоактивными отходами должен сотрудничать с регулирующим органом в целях обеспечения безопасной и эффективной деятельности. В соответствии с Законом о ядерной безопасности NSSC берет на себя ответственность проверять посредством инспекций соблюдение оператором ядерной установки разрешительных или лицензионных условий во время строительства или в течение всего срока ее службы. Если нарушение имеет место,

NSSC немедленно приказывает ответственной организации / оператору принять дополнительные меры для обеспечения безопасности установки по захоронению РАО. В случае невыполнения условий разрешения или лицензии оператором ПЗРО NSSC может распорядиться об отзыве разрешения/лицензии или приостановлении деятельности установки на определенный срок. В случае, если эксплуатационные характеристики ПЗРО не соответствуют техническим стандартам, NSSC может приказать оператору усилить меры безопасности.

В соответствии с законом оператор ядерной установки несет ответственность за безопасное обращение с ОЯТ и РАО до тех пор, пока они не будут перемещены на объект хранения, обработки или захоронения. Оператор установки по обращению с РАО несет ответственность за их прием от производителей, переработку (исключение составляет ОЯТ), хранение и изоляцию безопасным способом.

Корейское правительство приняло на себя ответственность за обращение с радиоактивными отходами в свете того факта, что они нуждаются в безопасном обращении в долгосрочной перспективе. Окончательную ответственность за безопасность обращения с РАО и ОЯТ несет государство.

ЯПОНИЯ

Стратегия обращения с ОЯТ				
Переработка				
Реестр РАО (по состоянию на 2020 г.)				
Категория РАО			Объём	
ВАО			2 492 контейнеров с остеклованными ВАО; 576 м³ ЖРО.	
РАО, производимые АЭС	Конструкции активной зоны реактора (НАО, обладающие достаточно высоким уровнем тепловыделения)		Регулирующие стержни - 11 437 шт.; Другие элементы – 75 041 шт.	
	Низкоактивные отходы (НАО, обладающие достаточно низким уровнем тепловыделения)		700 000 бочек по 200 л на приреакторных площадках; 310 000 бочек по 200 л на площадках объектов переработки и длительного хранения JAEA и JNFL.	
	ОНАО		1 670 т захоронено в пункте Токай.	
РАО (ОЯТ) содержащие уран			19 183 тонны	
РАО исследовательских установок			25 139 бочек с отвержденными отходами; 82 м³ ЖРО.	
Подземная исследовательская лаборатория				
Наименование	Мицунами	Хоронобэ	Тоно	Камаиси
Тип	общего назначения	общего назначения	общего назначения	общего назначения
Порода	гранит	осадочные породы	осадочные породы	гранит
Глубина, м	300	250	130	700
Период эксплуатации	с 2004 г.	с 2005 г.	1986-2002 гг.	1988 – 1998 гг.

Орган государственного управления в области обращения с ОЯТ и РАО	Ministry of Economy, Trade and Industry, METI – Министерство экономики, торговли и промышленности
Организация, ответственная за реализацию проекта по захоронению ОЯТ и РАО (разработка проекта, НИОКР, лицензирование, строительство, эксплуатация)	The Nuclear Waste Management Organization of Japan, NUMO – организация по обращению с РАО (негосударственная), JAEA (Japan Atomic Energy Agency) – Агентство по атомной энергии Японии, работающее при взаимодействии с NUMO.
Основные регулирующие органы	
Органы государственного регулирования безопасности в области атомной энергии	Nuclear and Industrial Safety Agency, NISA — подразделение Министерства экономики, торговли и промышленности Японии, осуществляющее регулирование и надзор в области ядерной энергетики. Оно было создано в ходе Центральной правительственной реформы в 2001 году.

	Управление по ядерному регулированию Японии (далее по тексту УЯР) – Nuclear Regulatory Agency, NRA.
	JAEC — Комиссия по атомной энергии Японии
	MOE (Ministry of the Environment) – Министерство окружающей среды (МОС)
Ключевые структуры в области атомной энергетики в Японии	
JAEA (Japanese Atomic Energy Agency) – Агентство по атомной энергетике Японии. Независимое административное учреждение, занимающееся исследованиями в области атомной энергетики, а также захоронениями и переработкой РАО	
JAPCO (Japan Atomic Power Company) – Японская атомно-энергетическая компания, созданная для запуска коммерческого процесса использования атомной энергии в стране.	
Обращение с РАО	
Японское агентство по переработке ядерных материалов (the Nuclear Reprocessing Organization of Japan, NuRO) было учреждено 3-го октября 2016 г.	

1. История развития отрасли ядерной энергетики в Японии

С 1973 г. ядерная энергетика являлась национальным стратегическим приоритетом Японии, как страны, которая в значительной степени зависит от импорта топлива. С момента строительства АЭС выражалась обеспокоенность по поводу способности станций выдерживать высокую сейсмоактивность.

До катастрофы на АЭС Фукусима-1, произошедшей в марте 2011 г. в Японии насчитывалось 54 действующих атомных реактора, и ядерная энергетика составляла 30% энергетического «микса» страны. Также страна удерживала третье место в мире по уровню развития ядерной энергетики после Франции и США, среди стран азиатского региона – первое место.

После ядерной аварии на АЭС Фукусима-1 в 2011 г., которая стала самым серьезным кризисом для отрасли за всю ее историю, большинство ядерных реакторов в Японии были остановлены в целях проведения инспекций по безопасности на фоне широкого общественного возмущения в отношении потенциальной опасности, исходящей от станций.

По итогам 2017 г. Япония произвела 3,61% электроэнергии за счет атомной энергетики. В тот момент, когда 34 ядерных реактора в стране формально классифицированы МАГАТЭ и Правительством Японии в качестве действующих, только 9 из них производили электроэнергию в 2018 г., остальные же реакторы были временно остановлены.

Постепенно, с учётом новых мер безопасности, Япония возвращается к ядерной энергетике, так и не нашедшей замены в островном государстве. На сегодняшний день, из существующих и готовых к эксплуатации 30 ядерных реакторов, разрешение на введение в работу получили лишь 10 реакторов, представленных в таблице ниже.

Таблица 1. Эксплуатируемые ядерные реакторы в Японии, на конец 2021 г.

АЭС	Реактор	Тип реактора	Мощность (МВт)	Ввод в эксплуатацию (год)	Перезапуск (год)
Сэндай	Сэндай-1	ВВЭР	890	1984	2015
	Сэндай-2	ВВЭР	890	1985	2015
Такахама	Такахама-3	ВВЭР	870	1985	2016
	Такахама-4	ВВЭР	870	1985	2016
Иката	Иката-3	ВВЭР	890	1994	2016
Гэнкай	Гэнкай-3	ВВЭР	1180	1994	2018

	Гэнкай-4	ВВЭР	1180	1997	2018
Ои	Ои-3	ВВЭР	1180	1991	2018
	Ои-4	ВВЭР	1180	1993	2018
Михама	Михама -3	ВВЭР	826	1976	2021

2. Законодательная система Японии в области мирного использования атома и обращения с ОЯТ и РАО

В правовой системе Японии, касающейся ядерного регулирования, «Основной закон об атомной энергии», принятый в 1955 г., является наиболее важным законодательным актом и определяет основные принципы использования ядерной энергии.

В соответствии с этим законом для обеспечения безопасности использования ядерной энергии принимается закон «О создании Управления ядерного регулирования» и закон «О регулировании реакторов», а для предотвращения радиационной опасности принимается закон «О регулировании радиационного излучения».

В целях оптимизации обращения с ОЯТ и РАО в ходе принятия мер по созданию передовой системы переработки отходов и создания инфраструктуры для производства ядерной энергии был введен в действие закон «Об осуществлении переработки ОЯТ». Закон «Об окончательном захоронении радиоактивных отходов» был введен для принятия необходимых мер по систематическому и безопасному осуществлению окончательного захоронения радиоактивных отходов, подлежащих геологическому захоронению (таких как остеклованные ВАО, образующиеся в результате переработки ОЯТ).

Были приняты также и другие необходимые законодательные акты, среди них закон «О специальных мерах по обеспечению готовности к ядерным чрезвычайным ситуациям», позже переименованный в закон «О ядерных чрезвычайных ситуациях», предусматривающий меры реагирования на ядерные катастрофы.

Миссия IRRS МАГАТЭ (январь 2016 г.) признала необходимость совершенствования инспекционной системы на этапе эксплуатации и подтвердила важность ряда вопросов, которые были ранее обозначены самим Управлением по ядерному регулированию. УЯР инициировало со своей стороны ряд изменений в законодательстве, в т.ч. была пересмотрена система регулирования захоронения РАО, которые образуются при выводе атомных реакторов из эксплуатации.

Инспекционная система была пересмотрена в целях повышения уровня безопасности, подходы к проведению проверок стали более адаптированы к каждой подотчетной сфере деятельности, а это все аспекты работы лицензиатов в отношении обеспечения безопасности. Новая инспекционная программа введена в действие с 2020 г.

Главные изменения в отраслевом законодательстве за последние пять лет в отношении обращения с ОЯТ И РАО (данные по состоянию на конец 2020 года)

Были лицензированы 6 объектов по переработке ядерного топлива и 1 склад для временного хранения ОЯТ. Один из 2-х лицензированных перерабатывающих объектов находится на стадии вывода из эксплуатации, после получения одобрения плана по выводу его из эксплуатации. Были лицензированы 2 объекта временного хранения радиоактивных отходов и 3 объекта захоронения радиоактивных отходов.

Одновременно с поправкой к закону «О регулировании реакторов» в 2017 году были также внесены поправки в закон «О предотвращении радиационной опасности» (переименованный позже в 2019 году в закон «О регулировании радиационного излучения»). При внесении данной поправки были учтены особые случаи обращения с радиоизотопами и радиоактивными субстанциями. Когда лицензиаты и владельцы разрешений в соответствии с законом «О регулировании радиационного излучения» поручают производство финальной изоляции РАО лицензиатам по захоронению в соответствии с законом «О регулировании реакторов», то эти радиоизотопы и радиоактивные вещества могут рассматриваться в качестве РАО в соответствии с законом «О регулировании реакторов». Таким образом, Управление по ядерному регулированию

организует комплексное и разумное регулирование работы объектов по захоронению радиоактивных отходов, в порядке, установленном законом «О регулировании реактора».

Обновленные требования:

- Необходимые эксплуатационные характеристики уточняются для объектов по переработке отходов и упаковок отходов, причем требования были изменены с ранее предписанных критериев, основанных на спецификации, на критерии, основанные на производительности. Лицензиаты должны сформулировать «критерии приемлемости отходов» для указания спецификаций, удовлетворяющих требуемым характеристикам упаковок отходов.

- Сценарии оценки безопасности были организованы в базовом сценарии (критерий дозы: 0,01 мЗв/год) и в альтернативном сценарии (ограничение дозы: 0,3 мЗв/год) в предыдущем регламенте; в новом пересмотренном регламенте сценарии разведены на «сценарии естественных событий» и «антропогенные сценарии». Что касается сценария природного события, то результат оценки с наиболее консервативными научно обоснованными параметрами не должен превышать ограничение дозы в 0,3 мЗв/год, а результат с наиболее вероятными научно обоснованными параметрами не должен превышать критерий дозы в 0,01 мЗв/год. Поскольку траншейное захоронение не имеет искусственных барьеров для физического сопротивления вторжению человека, стандарт дозы при антропогенном сценарии составляет 0,3 мЗв/год, что соответствует сценарию естественно возникшего события.

- Отходы, образующиеся на перерабатывающих установках, установках по переработке МОКС-топлива, радиоизотопов и ряда категорий веществ, могут быть изолированы с помощью карьерного и траншейного методов захоронения. Однако данный способ изоляции исключает прием на захоронение отходов уранового происхождения.

- В целях уменьшения утечки радионуклидов в траншейном объекте захоронения должна быть выстроена крытая подземная конструкция, чтобы избежать проникновения грунтовых и дождевых вод, а на карьерном объекте захоронения должен быть установлен инженерный барьер (из бетона) для сдерживания потоков воды и подвижных слоев грунта.

В 2019 г. в «Правила удаления отходов с поверхности Земли» был внесен ряд правок.

В декабре 2019 г. Управление по ядерному регулированию пересмотрело нормативные требования в отношении траншейного и карьерного метода захоронения отходов для РАО 2-ой категории.

Введение в действие закона «О переработке ОЯТ»

В 2016 г. в Японии были внесены поправки к закону «О Фонде переработки отработавшего ядерного топлива». В поправках была представлена программа по переработке ОЯТ и назначен орган, ответственный за ее реализацию. В октябре 2016 г. была создана Национальная организация по переработке ядерных отходов (The Nuclear Reprocessing Organization of Japan – NuRO), основные направления деятельности которой включают разработку проекта Генерального плана переработки РАО и создание соответствующих фондов, на базе отчислений компаний топливно-энергетического сектора Японии. Ответственность за переработку ОЯТ, согласно концепции этого проекта, будет передана частной корпорации – Japan Nuclear Fuel Limited (JNFL).

3. Безопасность обращения с РАО и ОЯТ

Основываясь на рекомендациях и предложениях, сделанных миссией интегрированной службы обзора регулирования международного агентства по чрезвычайным ситуациям (IRRS/ МАГАТЭ), которая состоялась в январе 2016 г., УЯР пересмотрела законы «О регулировании реакторов» и закон «О предотвращении радиационной опасности», переименованный в закон «О регулировании радиационного излучения» в 2019 г. В результате этих изменений в систему регулирования были внесены следующие усовершенствования:

- произведена реформа системы контроля объектов использования атомной энергии;
- внесено требование о рассмотрении вопроса о выводе объекта из эксплуатации на более ранней стадии проектирования;
- предложение по ограничению деятельности, включая геологические изыскания на промежуточной глубине и геологическое захоронение;
- упорядочение размещения радиоактивных отходов, содержащих ядерные материалы и радиоизотопы или загрязненные ими.

Новая система инспекционной проверки объектов по обращению с ОЯТ и РАО была внедрена в апреле 2020 года.

4. Ядерное регулирование обращения с радиоактивными отходами

Управление по ядерному регулированию (УЯР) – основной институт, контролирующий сферу атомной энергетики, а также обращения с РАО в Японии. УЯР была создана в 2012 году с целью обеспечения радиационной безопасности населения и окружающей среды. УЯР является внешним бюро Министерства окружающей среды, председатель и главные должностные лица УЯР назначаются Премьер-министром страны при согласовании с Парламентом страны. УЯР имеет право выдавать разрешения на строительство таких ядерных установок как временные хранилища или пункты захоронения РАО, а также иные виды деятельности в сфере ядерной промышленности.

Производители ОЯТ и РАО в Японии осуществляют всю свою деятельность в соответствии с законом «О регулировании реакторов», в связи с чем возникновение неопознанных ОЯТ или РАО в стране является маловероятным.

5. Классификация и реестр РАО в Японии

Японская система классификации предусматривает деление РАО на две категории, в зависимости от уровня их активности: высоко- и низкоактивные. В законе «О регулировании ядерных реакторов» представлены верхние пределы концентрации радионуклидов, которые могут содержать те или иные типы отходов.

Высокоактивные отходы (ВАО) – это радиоактивная субстанция, образующаяся при переработке ОЯТ. Также к ВАО относятся остеклованные отходы, образовавшиеся в результате отверждения ЖРО, содержащие значительное количество продуктов деления и актиноидов.

НАО – это низкоактивные РАО, которые, согласно принятой системе, подразделяются на следующие четыре категории:

1. **НАО**, образовавшиеся в результате эксплуатации АЭС, в свою очередь, подразделяются на 3 категории:
 - **РАО конструкций активной зоны реактора** с достаточно высоким уровнем тепловыделения (ВАО);
 - **РАО с достаточно низким уровнем тепловыделения** (НАО);
 - **РАО с очень низким уровнем активности** (ОНАО): допускается их окончательная изоляция в приповерхностных пунктах захоронения траншейного типа; использование инженерного барьера безопасности в

конструкции пунктов захоронения и предварительная инкапсуляция РАО в этом случае не предусмотрены.

2. Долгоживущие тепловыделяющие **НАО – ТрУРАО, трансурановые радиоактивные отходы**, образующиеся в результате переработки ОЯТ и производства МОХ-топлива, содержащего радионуклиды с атомным номером выше 92 (нептуний, плутоний, америций и т.д.);

3. **НАО, содержащие уран** - это отходы, образующиеся на установках по производству ядерного топлива и обогащению урана, содержащие долгоживущие радионуклиды урана, а также его продукты распада;

4. **НАО, образующиеся на исследовательских установках.**

6. Инвентаризация радиоактивных отходов в стране

Контракты на переработку ОЯТ заключены с Великобританией и Францией, в общей сложности на 5600 МТУ (метрических тонн урана) ОЯТ из легководных реакторов и 1500 МТУ ОЯТ из реакторов с газовым охлаждением. В соответствии с этими контрактами контейнеры с остеклованными отходами были возвращены в Японию. В настоящее время они размещены в Центре хранения остеклованных отходов Japan Nuclear Fuel Limited. К марту 2020 г. из Великобритании и Франции было возвращено 1830 пеналов с остеклованными ВАО. С 1995 по 2007 гг. были осуществлены возвратные отгрузки 1 310 контейнеров с остеклованными ВАО из Франции. Отгрузки контейнеров с остеклованными ВАО из Великобритании начались в 2010 г., и возврат примерно 380 контейнеров планируется в 3 этапа. На заводе по переработке ОЯТ Руккасё хранятся 346 пеналов с остеклованными ВАО, полученными в ходе тестов с активными материалами.

Высокоактивные жидкие отходы, образовавшиеся на Токайском перерабатывающем заводе Japan Atomic Energy Agency, хранились в резервуарах на территории самого предприятия и были остеклованы на спецустановке, введенной в эксплуатацию в январе 1995 г. По состоянию на март 2020 г. в хранилищах находится около 365 м³ жидких отходов и 316 контейнеров с остеклованными отходами. Контейнеры с остеклованными отходами могут быть направлены на геологическое захоронение после ратификации закона «О финальной изоляции РАО».

Отходы, размещенные во временных хранилищах на территориях самих АЭС (на март 2020 г.) - это 700 000 двухсотлитровых бочек с низкоактивными отходами, 35 выведенных из употребления парогенераторов, отработавшие стержни АЗ, отработанные ионообменные смолы. Во временном хранилище также находится щебень, выкорчеванные деревья, загрязненная защитная рабочая одежда и целый ряд подобных предметов, элементов и деталей, представляющих собой 472 500 м³ материала. Остаются на хранении и отходы, полученные в результате очистки эфлюентов, - это 4 713 адсорбционных колонн (с цезием) и 597 м³ шламов, помещенных во ВХ на территории АЭС Фукусима-1. На объектах по хранению и переработке отходов размещены 2 492 контейнера с остеклованными ВАО и около 576 м³ высокоактивных жидких отходов.

7. Практики обращения с ОЯТ и РАО. Объекты по обращению с радиоактивными отходами

В Японии существуют объекты захоронения РАО, а также хранилища, на которых отходы временно размещаются до момента их окончательного захоронения. Применяется деление на траншейный и карьерный типы ПЗРО.

ОНАО направляются на изоляцию в траншейные пункты захоронения. Отвержденные однотипные отходы, залитые цементной матрицей, размещаются в пунктах захоронения карьерного типа в бочках.

В 1992 г. весь объем НАО, размещенный на приреакторных площадках АЭС, был передан под ответственность Japan Nuclear Fuel Ltd. для захоронения в ПГЗРО заглубленного типа. Предприятие JNFL, специализирующееся на захоронении отходов, по состоянию на конец марта 2020 г. приняло на захоронение около 310 000 бочек (по 200 л) НАО.

Институт ядерных исследований японского Агентства по атомной энергии изолировал траншейным методом приповерхностного захоронения около 1 670 т ОНАО – это были фрагменты бетонных конструкций, полученные при выводе из эксплуатации демонстрационного атомного реактора.

Отходы, подлежащие захоронению при активном контроле

Операторы, признавая за собой ответственность по обращению с РАО, осуществляют управление ими в соответствии с законами «О регулировании реакторов», «О предотвращении радиационной опасности», а также рядом соответствующих нормативных актов.

Захоронение РАО, производимое при активном контроле, в Японии классифицируется по трём следующим типам: «в приповерхностных траншеях», «в приповерхностных карьерах» и «на средней глубине». На данный момент уже ведется изоляция НАО, генерируемых на АЭС и подлежащих захоронению в приповерхностных траншеях или карьерах, такими методами.

Метод глубинного геологического захоронения РАО в скальных породах

В Японии место геологического захоронения высокоактивных РАО в соответствии с “Законом об окончательном захоронении”, принятым в мае 2003 г., определяется в три этапа:

1. выбор “района для предварительного исследования”,
2. выбор “района для детального исследования”,
3. выбор “строительной площадки для объекта окончательного захоронения”.

При проведении параллельного поиска альтернативных вариантов захоронения оценивалась техническая надежность геологического метода захоронения РАО. Правительство, занимающееся развитием этого проекта, учитывает механизмы формирования регионального консенсуса, складывающееся из суммы мнений жителей района предполагаемого размещения ПГЗРО, а также ряда уникальных факторов, свойственных тому или иному региону.

Японская организация по обращению с ядерными отходами (NUMO) была создана в 2000 г. в качестве института, ответственного за осуществление финального захоронения РАО. Все ядерные предприятия страны осуществили денежные взносы в резервный фонд NUMO, учрежденный для развития проекта глубинного геологического захоронения РАО. NUMO в ходе работы по подбору регионов, которые могли бы стать кандидатами для проведения первичного исследования перспективы создания объекта финальной изоляции РАО, адресовало общественности страны обращение, в котором было рассказано о проекте ПГЗРО, что является одной из ступеней на пути к началу исследовательских работ.

В мае 2015 г. Правительством была полностью пересмотрена политика в области обращения с РАО, основывавшаяся на законе «О финальной изоляции РАО». В новой утвержденной политике обозначено, что государство в настоящий момент должно взять на себя инициативу по решению проблемы изоляции ВАО.

Для достижения широкой общественной осведомленности по проекту ПГЗРО Правительству предстоит выбрать регион, наиболее подходящий для ПИЛ с научной точки зрения. В июле 2017 г. была опубликована «Общенациональная карта научных объектов, где потенциально возможно произвести геологическое захоронение РАО», все выбранные объекты соответствуют критерию обратимости/ извлекаемости, для каждого из потенциальных проектов ПИЛ предусмотрена такая технологическая возможность.

Схематическое местоположение подземной исследовательской лаборатории общего назначения Хоронобэ. Лаборатория расположена на глубине 350 метров в осадочных породах. ПИЛ начала работать в 2005 г.



План сооружений на площадке центра подземных исследований Хоронобэ



Схема шахт и горизонтов проекта планируемой ПГЗРО Хоронобэ



8. Работа с общественностью в Японии

Управление по ядерному регулированию выпустило «Политику обеспечения операционной прозрачности УЯР» для того, чтобы обнародовать схему процессов, направленных на принятие решения по финальной изоляции РАО. Основные принципы «Политики» таковы:

- 1) создание системы раскрытия информации и устранение необходимости в запросах на раскрытие информации;

- 2) всеобъемлющие общественные обсуждения / слушания;
- 3) корректные действия администрации, осуществляемые на основании предоставляемой документации в соответствии с законодательством страны.

Например, заседания исполкома Управления и другие совещания транслируются в прямом эфире на платформе YouTube, позже на этой же площадке в сокращении публикуются видеозаписи тех совещаний, которые по какой-либо причине не транслировались в прямом эфире. Общий хронометраж материалов, загруженных УЯР на YouTube, составил более 900 часов в 2019 году.

Также в рамках распространения информации о ядерной энергетике на территории Японии, помимо вышеописанных мер, осуществляются мероприятия в форматах он-лайн и офф-лайн, в лекционном формате о преимуществе данного вида энергетики и о соответствующих мерах безопасности. Вместе с этим АЭС, ПИЛ и другие объекты использования атомной энергии, имеют право проводить ознакомительные экскурсии на территории своих PR-павильонов. Запись на экскурсии осуществляется заранее в соответствии с внутренним распорядком ОИАЭ.

Вместе со всем вышеописанным, компании, относящиеся к ядерной энергетике, сотрудничают с японскими образовательными учреждениями. В рамках такого сотрудничества у учащихся есть возможность не только пройти дополнительные факультативы, но также пройти курсы и практику от предприятий и в будущем получить возможность упрощенного трудоустройства

ПРОЕКТ МЕЖДУНАРОДНОГО ПЗРО

В мире существует четкое понимание того, что каждая страна несет этическую и юридическую ответственность за радиоактивные отходы (РАО), производимые на ее территории²⁶. Принципиальная позиция заключается в том, что все радиоактивные отходы в каждой из примерно 50 стран-производителей РАО должны быть захоронены. Обращение с радиоактивными отходами осуществляется на основе национальных стратегий, безусловно имплементирующих международные принципы, которые включают в себя такие аспекты как сбор, обработка, временное хранение и финальная изоляция (захоронение) РАО. Трансграничное сотрудничество стран в этой сфере значительно затруднено в связи с концентрацией внимания исключительно на национальных стратегиях и практиках обращения с РАО и сохранения определенной политизации в вопросах ядерной энергетики и всех ее производных.

Согласно общепринятому подходу, страна, пользующаяся преимуществами мирного атома и ядерных технологий, должна нести полную ответственность за обращение с образующимися радиоактивными отходами. Большая часть высокоактивных отходов образуется в ядерных реакторах, производящих электроэнергию в более чем 30 стран мира. Однако, существуют страны, объемы наработки радиоактивных отходов которых с трудом оправдывают создание отдельного национального пункта захоронения РАО, или же они фактически не располагают экономическими ресурсами или пригодными природными условиями для захоронения радиоактивных отходов. В таких случаях этим странам целесообразно принять участие в создании единого многонационального пункта захоронения РАО (далее – МНПЗРО), для финальной изоляции всех РАО, производящихся на территории страны, тем самым выполняя свои обязательства по безопасному обращению с радиоактивными отходами.

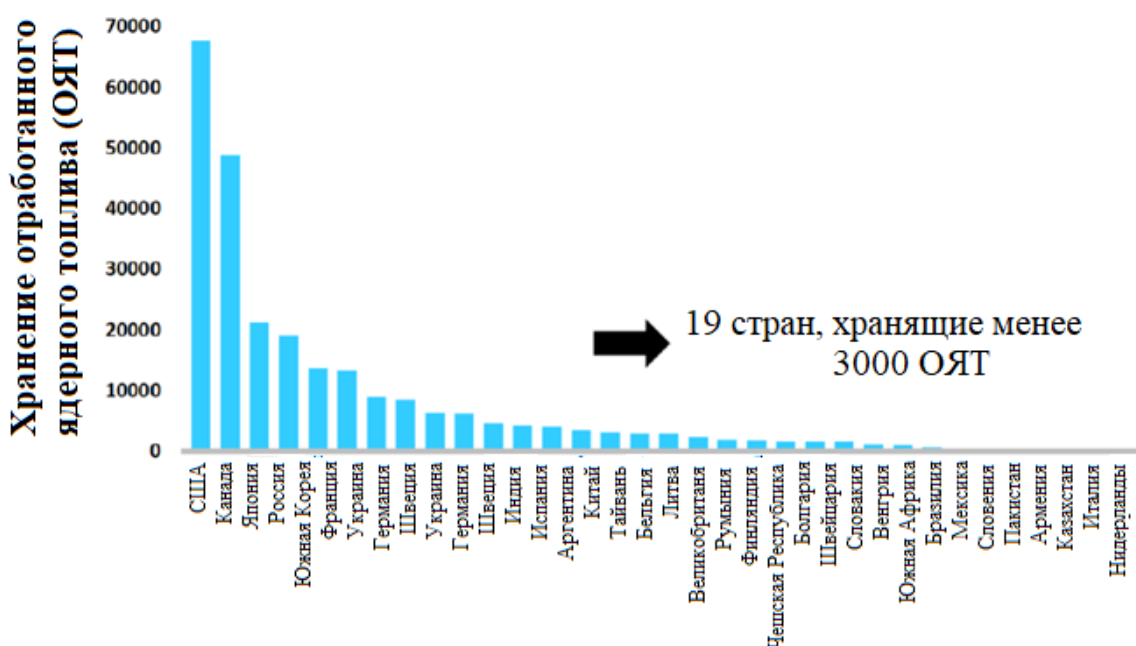
1. Предпосылки зарождения инициативы создания многонациональных пунктов захоронения РАО

В настоящее время во многих странах существуют маломасштабные ядерные энергетические программы, которые производят относительно небольшое количество отработавшего ядерного топлива и/или высокоактивных радиоактивных отходов. Со временем число стран, включающих использование ядерной энергии в свой энергетический баланс, будет увеличиваться, и это в свою очередь приведет к увеличению числа программ ядерной энергетики, генерирующих относительно небольшие объемы отработавшего ядерного топлива.

Длительный срок, в течение которого некоторые из типов радиоактивных отходов остаются опасными, стал причиной появления концепции захоронения отходов в глубоких подземных хранилищах в стабильных геологических формациях. Изоляция отходов в этих условиях обеспечивается за счет сочетания инженерных и природных барьеров (камень, соль, глина), при такой методике финальной изоляции радиоактивных отходов к будущим поколениям не будут переходить никакие обязательства по активному обслуживанию объекта. Захоронение в глубинных геологических формациях (Пункт глубинного захоронения радиоактивных отходов – ПГЗРО) является предпочтительным методом обращения с высокорadioактивными отходами в ряде стран, включая Австралию, Аргентину, Бельгию, Великобританию, Венгрию, Испанию, Канаду, Республику Корея, Нидерланды, Россию, Финляндию, Францию, Чехию, Швейцарию, Швецию, Японию и США²⁷.

²⁶ МАГАТЭ, Объединенная конвенция о безопасности обращения с отработавшим топливом и о безопасности обращения с радиоактивными отходами URL: <https://www.iaea.org/sites/default/files/infocirc546.pdf>; и МАГАТЭ: Ядерная серия. Политика и стратегия в сфере обращения с радиоактивными отходами, URL: https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1396_web.pdf

²⁷ Международная оценка ядерного топливного цикла (МОЯТЦ), URL: https://www.iaea.org/sites/default/files/22204883033_ru.pdf



2. Международные хранилища – история появления международного подхода к захоронению РАО

В ноябре 2003 года в ходе 58-ой Сессии Генеральной Ассамблеи ООН Генеральный директор МАГАТЭ Мохаммед Эль-Барадеи заявил, что странам необходимо задуматься о возможности реализации многонационального подхода к обращению с отработавшим ядерным топливом и радиоактивными отходами и их финальному захоронению. Он отмечал, что более чем в 50-ти государствах ОЯТ и РАО находятся во временных хранилищах в ожидании переработки или захоронения. Однако не все страны располагают подходящими геологическими условиями для финального захоронения радиоактивных отходов, а для многих стран с маломасштабными ядерно-энергетическим программами невозможно обеспечить строительство и эксплуатацию объекта геологического захоронения ОЯТ и РАО ввиду фактического отсутствия финансовых и кадровых ресурсов. Годом позже в рамках Ежегодного симпозиума Всемирной ядерной ассоциации вновь высказывались соображения о преимуществах постройки совместного многонационального пункта захоронения радиоактивных отходов²⁸.

МАГАТЭ выдвинуло три возможных концепции международного ПЗРО:

- Постепенное внедрение практики финальной изоляции РАО из разных стран в одной с наиболее развитой ядерной национальной программой.
- Наднациональный объект захоронения РАО с международным управлением и контролем.
- Партнерство нескольких стран для создания многонационального совместного хранилища.

Конкретное решение о развитии на практике одного из вышеуказанных предложений создания многонационального пункта захоронения РАО не было принято. Страны пришли к консенсусу в понимании того, что геологическое захоронение является единственным способом обеспечения надлежащей безопасности при долгосрочном обращении с отработанным топливом (рассматриваемым в качестве РАО) и радиоактивными отходами.

²⁸ «Центры ядерного топливного цикла – старая и новая идея», Чарльз Маккомби, Нил Чепмен, Ежегодный симпозиум Всемирной ядерной ассоциации (2004), URL: http://www.arius-world.org/pdfs_pub/WNA-%20Fuel%20Cycle%20Centres-04%20NAC%20CMcC.pdf

Международный пункт захоронения радиоактивных отходов должен действовать в соответствии с Договором о нераспространении ядерного оружия (ДНЯО)²⁹. Объединенная конвенция о безопасности обращения с отработавшим топливом и о безопасности обращения с радиоактивными отходами 1997 года (далее – Объединенная конвенция), подготовленная МАГАТЭ и подписанная большинством стран мира³⁰, касающаяся аспектов обращения с отработавшим топливом и радиоактивными отходами и их захоронения, требует, чтобы принимающий пункт соответствовал самым высоким национальным и международным стандартам. Даже страны, не имеющие ядерной энергетики, испытывают потребность в безопасной изоляции долгоживущих радиоактивных отходов, производимых исследовательскими реакторами, медицинскими или промышленными установками.

Вновь о многонациональном хранилище радиоактивных отходов задумались в середине 2019 года. Эти вопросы были подробно изложены при презентации Международной платформы по сотрудничеству в области ядерной энергии. IFNEC представил доклад «Разработка концепции многонационального хранилища: изучение альтернативных подходов к финансированию многонационального хранилища»³¹, с конкретизацией поэтапного профиля расходов на ПЗРО. IFNEC отметили, что, хотя разработка многонационального хранилища на данный момент не является полностью проработанной концепцией, готовой к воплощению, она все же обладает огромным потенциалом и ее следует продолжать изучать.

3. Современные инициативы многонациональных пунктов захоронения ОЯТ и РАО

3.1. Проект МНПЗРО в Южной Австралии

В мае 2016 года Королевская комиссия Южной Австралии по ядерному топливному циклу³² сообщила о том, что есть потребность, а также возможности для создания пункта захоронения для финальной изоляции ОЯТ и среднеактивных РАО, накопившихся в ряде стран мира.

Всемирная ядерная ассоциация выступила с заявлением, что доклад коренным образом изменил характер глобального дискурса о ядерных отходах, и многонациональный пункт захоронения РАО, базирующийся в Южной Австралии, может стать долгожданным решением для многих стран, эксплуатирующих сегодня ядерные установки³³.

Сроки создания временного хранилища и соответствующей транспортной инфраструктуры, включая гавань, порт и железную дорогу, составят 11 лет после начала проекта. Передача отработавшего топлива и САО из наземного хранилища в подземное хранилище начнется через 28 лет. Однако, для воплощения проекта потребуются законодательные изменения как на уровне штатов, так и на федеральном уровне.

²⁹ Договор о нераспространении ядерного оружия, одобрен резолюцией 2373 (XXII) Генеральной Ассамблеи ООН от 12 июня 1968 года, URL: https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/npt.shtml.

³⁰ Объединенная конвенция о безопасности обращения с отработавшим топливом и о безопасности обращения с радиоактивными отходами, принята 5 сентября 1997 года Дипломатической конференцией, созванной МАГАТЭ, URL: chrome-extension://oemmnecbldboiebfnladdacbfmadadm/https://www.iaea.org/sites/default/files/infirc546_rus.pdf.

³¹ «Разработка концепции многонационального хранилища: изучение альтернативных подходов к финансированию многонационального хранилища» («Development of Multinational Repository concept: Exploring Alternative Approaches to Financing Multinational Repository»), Международная платформа по сотрудничеству в области ядерной энергии (IFNEC), Международная конференция по обращению с отработавшим топливом ядерных энергетических реакторов, 24-28 июня 2019, Вена, Австрия, URL: https://www.ifnec.org/ifnec/jcms/g_12434/iaea-cn272-id120-zagar-ppt.

³² Официальный сайт Королевской комиссии по ядерному топливному циклу Южной Австралии (Nuclear Fuel Cycle Royal Commission), URL: <http://nuclearrc.sa.gov.au>.

³³ «Заключение Королевской комиссии создают золотую середину в дискурсе о ядерных отходах» («Royal Commission's conclusions create middle-ground in the nuclear waste discourse»), Заявление Всемирной ядерной ассоциации (9.05.2016), URL: <https://www.world-nuclear.org/press/press-statements/royal-commission%E2%80%99s-conclusions-create-middle-ground.aspx>.

3.2. ARIUS

В начале 2002 года был создан новый некоммерческий орган для продвижения концепции региональных и международных объектов для хранения и захоронения всех видов долгоживущих радиоактивных отходов – Arius³⁴. Это Ассоциация региональных и Международных подземных хранилищ. Ключевая цель ассоциации заключается в изучении методов разработки подходов и средств (пунктов) по обращению с радиоактивными отходами, в частности объектов хранения и захоронения для клиентов с небольшими ядерными программами. Членство открыто и включает страны с небольшими ядерными программами, а также промышленные организации с соответствующими интересами.

В 2003 году Arius инициировал запуск проекта SAPIERR (Пилотная инициатива для создания сети европейских региональных ПЗРО), который получил одобрение Европейской комиссии. Итогом работ по проекту стало определение потенциальных сценариев регионального сотрудничества и способов развития сети региональных ПЗРО.

В 2006 году был начат финансируемый ЕС проект SAPIERR II (Стратегический план действий по внедрению Европейских региональных ПЗРО) для составления оценки целесообразности создания европейских региональных пунктов захоронения радиоактивных отходов. Это свидетельствует о признании в ЕС того факта, что внедрение 25 национальных ПЗРО не является оптимальным с экономической точки зрения или с точки зрения безопасности. Проект соответствовал предложениям, выдвинутым Международным агентством по атомной энергии (МАГАТЭ), Россией и США (совместно с Глобальным партнерством по ядерной энергии, ныне IFNEC) о многостороннем сотрудничестве в сфере ядерного топливного цикла в целях укрепления глобальной безопасности. Важным элементом воплощения такого типа сотрудничества являются общие ПЗРО для высокоактивных РАО.

По результатам исследования была учреждена Европейская организация по развитию ПЗРО (ERDO).

Многонациональный или «двусторонний подход» в области обращения с радиоактивными отходами, предполагающий создание национальной программы хранения и захоронения РАО одновременно с рассмотрением вариантов регионального сотрудничества, уже включен в свои стратегии некоторыми странами, развивающими сферу атомной энергетики, в соответствии с Директивой об отходах – например, Нидерландами и Словенией.

В настоящее время Arius оценивает, будут ли аналогичные совместные региональные решения подходящими и представляющими интерес для развивающихся программ в области ядерной энергетики в регионе Персидского залива, Ближнего Востока и Северной Африки, а также Юго-Восточной Азии. Общая цель состоит в том, чтобы оценить заинтересованность в каждом из этих регионов в работе с региональными организациями по развитию МНПЗРО, аналогичными европейскому ERDO.

В регионе на постоянной основе с 2012 года проходят совещания при участии расширенной группы стран персидского залива, организованные при поддержке МАГАТЭ. В шести странах региона, где осуществляет свою деятельность Совет сотрудничества стран Персидского залива, также рассматривается возможность запуска проекта по совместному обращению с радиоактивными отходами и их захоронению. В числе этих стран ОАЭ и Саудовская Аравия, которые обладают быстроразвивающимися ядерно-энергетическими программами.

Проект МНПЗРО на Ближнем Востоке может стать необходимым уже к 2080 году.

4. Финансовая модель многонационального пункта захоронения РАО.

В течение последнего десятилетия Международная платформа по сотрудничеству в области ядерной энергии IFNEC работала над продвижением концепции

³⁴ Официальный сайт проекта Arius, URL: <http://www.arius-world.org/index.html>.

многонационального пункта захоронения (МНПЗРО). Эта концепция обсуждалась и рассматривалась в ряде публикаций МАГАТЭ, начиная с 1998 года³⁵.

Одной из ключевых проблем, связанных с разработкой МНПЗРО, является финансирование. В декабре 2018 года в Париже в рамках работы IFNЕС над концепцией МНПЗРО был проведен многосторонний семинар³⁶ по подходам к финансированию МНПЗРО. Работа над развитием концепции МНПЗРО в условиях роста заинтересованности стран в обретении совместных решениях по обращению с РАО продолжается



5. Международно-правовые обязательства и последствия создания многонационального пункта захоронения РАО.

Длительные сроки создания подземного пункта захоронения требуют прогнозирования множества «что, если» в отношении будущего мирового политического ландшафта и связанных с ним ядерных рисков³⁷. Особое внимание следует уделять потенциальным сценариям, при которых есть возможность отступления от следования соглашению о гарантиях, а также способам изменения гарантий и возможностям реагирования нынешнего (и будущего) режима ядерного нераспространения на подобные ситуации.

Многонациональные ПГЗРО могут быть специально спроектированы, размещены и построены в целях обеспечения высокого уровня безопасности и принести пользу

³⁵ «Технические, институциональные и экономические факторы, важные для создания многонационального хранилища радиоактивных отходов», IAEA-TECDOC-1021, МАГАТЭ, Вена (1998); «Разработка многонациональных хранилищ радиоактивных отходов: инфраструктурные рамки и сценарии сотрудничества», IAEA-TECDOC-1413, МАГАТЭ, Вена (2004); «Технические, экономические и институциональные аспекты региональных хранилищ отработавшего топлива», IAEA-TECDOC-1482, МАГАТЭ, Вена (2005).

³⁶ Международные рамки сотрудничества в ядерной области, Семинар: Финансирование многонациональных хранилищ, «Подходы к финансированию многонационального хранилища – проблемы и альтернативные подходы», IFNЕС, Париж (2018), URL: https://www.ifnec.org/ifnec/upload/docs/application/pdf/2019-10/74820_ifnec_rnfswg_workshop_on_approaches_to_financing_web.pdf.

³⁷ С. Вестергаард, Д. Кастертон, «Back-end to the Future: Некоторые соображения по обеспечению гарантий для Многонациональных геологических хранилищ» («Back-end to the Future: Some Safeguards Considerations for Multinational Geological Repositories»), Technology&Trade, Stimson Center (2020), URL: <https://www.stimson.org/2020/back-end-to-the-future-some-safeguards-considerations-for-multinational-geological-repositories/>.

принимающей стране, странам-партнерам, а также стать вкладом в международную систему безопасности.

5.1. Соглашения о сотрудничестве в ядерной области.

Соглашения о сотрудничестве в ядерной области (Nuclear Cooperation Agreements - NCA), как правило, являются двусторонними, они дополняют соглашения МАГАТЭ о гарантиях и обеспечивают дополнительные гарантии в отношении мирного использования материалов, переданных в соответствии с соглашением. Гарантии МАГАТЭ, как правило, не связаны с указанием происхождения отходов.

Создание проекта МНПЗРО, вероятнее всего, не потребует пересмотра этих положений, но можно ожидать, что их потребуется редактировать и усилить. Объективно потребуется отдельное обсуждение рамок и рисков, связанных с проектом МНПЗРО в государствах, обладающих ядерным оружием.

Чтобы учесть возможный ход развития событий, можно было бы укрепить правовую базу проекта МНПЗРО, дополнив ее обязательствами принимающей страны, а также стран-партнеров, направленных на обеспечение надежных гарантий использования ядерного материала в мирных целях и каких-либо других незаъявленных действий. Данные меры могут поддерживаться финансовым и материально-техническим обеспечением принимающей страны при участии всех стран-партнеров.

6. Заключение и рекомендации

Многонациональные ПЗРО могут сыграть положительную роль для повышения уровня глобальной безопасности, предоставляя более широкому кругу стран возможность своевременного захоронения радиоактивных отходов. Для некоторых государств-участников МАГАТЭ многонациональные ПЗРО являются необходимостью, если безопасное и надежное захоронение долгоживущих радиоактивных отходов должно заменить бессрочное хранение на наземных объектах.

Глобальные преимущества многонациональных ПЗРО очевидны, и выгоды могут стать для каждой из сторон значительными, если они будут распределяться на справедливой основе. Для отдельных стран баланс преимуществ и недостатков, вытекающих из участия в проекте в качестве принимающей стороны или партнера, должен быть взвешен соответствующими национальными директивными органами.

Создание МНПЗРО является сложной задачей. Уже существует ряд возможных сценариев развития системы МНПЗРО.

Интересно то, что, несмотря на независимое развитие, в представленных подходах есть смежные сферы. Каждый из подходов представляет возможности для дальнейшего рассмотрения и анализа. Концепция МНПЗРО вызывает значительный международный интерес. Международные профильные организации и рабочие группы с энтузиазмом готовы были бы инициировать проект, который имеет все шансы стать первым в своей сфере, что повлечет за собой целую череду создания подобных проектов по всему миру.