

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

Обзор зарубежных практик захоронения ОЯТ и РАО

Москва
2015

Обзор подготовлен авторским коллективом в составе: Н. С. Цебаковская, С. С. Уткин, И. В. Капырин (ИБРАЭ РАН), Н. В. Медянецв, А. В. Шамина (НО РАО); под редакцией И. И. Линге и Ю. Д. Полякова.

Обзор зарубежных практик захоронения ОЯТ и РАО — М.: Изд-во «Комтехпринт», 2015. 208 с.

В обзор включены следующие страны и объекты (установки, проекты): Австралия, Бельгия (Дессель, HADES), Великобритания (Даунрей, Камбрия), Венгрия (Püspökszilágy, Bátaapáti), Германия (Морслебен, Конрад, Ассе, Горлебен), Нидерланды, Испания (Эль Кабрил), Канада (Кинкардин), США (Якка-Маунтин, WIPP), Финляндия (Олкилутто), Франция (Морвилле, Об, Манш, проект Cigéo, Турнемир), Швейцария (Гримзел), Швеция (Аспо, Эстхаммар), Япония, Чехия, международный проект ERDO.

По каждой стране рассмотрены следующие аспекты проблемы захоронения РАО: ответственные ведомства, включая органы регулирования; национальный оператор (агентство), осуществляющий деятельность по захоронению РАО; классификация РАО и реестр накопленных РАО; национальная политика; существующие и проектируемые пункты захоронения РАО всех типов (НАО, САО, ВАО, ОЯТ); практика исследований и организационных мероприятий по глубинному захоронению ВАО и ОЯТ, включая выбор площадки, принятие решений органами власти, взаимодействие с общественностью, финансирование, подготовка обоснования безопасности для лицензирования установки; динамика реализации и актуальное состояние программ по захоронению.

Оглавление

Предисловие директора ФГУП «Национальный оператор по обращению с радиоактивными отходами» Ю.Д. Полякова	6
Предисловие председателя секции №1 «Экологическая и радиационная безопасность пунктов долговременного хранения, консервации и захоронения РАО» НТС № 10 Госкорпорации «Росатом», заместителя директора ИБРАЭ РАН, И.И. Линге	7
Введение	9
Принятые сокращения	11
1. Австралия	13
1.1. Классификация и реестр РАО	14
1.2. Установки по обращению с РАО	14
1.3. Статус проекта по созданию пункта захоронения НАО и короткоживущих САО	14
Литература к главе 1	16
2. Бельгия	17
2.1. Ведомства, ответственные за реализацию проектов захоронения	18
2.2. Классификация РАО	20
2.3. Хранение РАО и ОЯТ	21
2.4. Статус проектов по созданию пунктов захоронения РАО	21
2.5. Подземная исследовательская лаборатория HADES	29
Литература к главе 2	30
3. Великобритания	31
3.1. Ведомства, ответственные за реализацию проектов захоронения	32
3.2. Классификация РАО	34
3.3. Обращение с РАО	34
3.4. Статус проекта по созданию пункта геологического захоронения	36
Литература к главе 3	38
4. Венгрия	39
4.1. Ведомства, ответственные за реализацию проектов захоронения	40
4.2. Классификация РАО	41
4.3. Обращение с РАО и ОЯТ	42
<i>Захоронение короткоживущих НАО и САО</i>	42
4.4. Статус проекта по созданию пункта захоронения для ДЖ НАО/САО, ВАО и ОЯТ	47
Литература к главе 4	48
5. Германия	49
5.1. Ведомства, ответственные за реализацию проектов захоронения	51
5.2. Классификация и реестр РАО	52
5.3. Пункты захоронения	53
Литература к главе 5	58
6. Нидерланды	59
6.1. Ведомства, ответственные за реализацию проектов захоронения	60
6.2. Классификация РАО	60
6.3. Установки по обращению с РАО и реестр РАО	61
6.4. Статус проекта по созданию пункта глубинного захоронения	64
Литература к главе 6	67
7. Испания	68
7.1. Ведомства, ответственные за реализацию проектов захоронения	69
7.2. Классификация и реестр РАО	70
7.3. Установки для обращения с РАО	70
7.4. Статус проекта по созданию национального пункта захоронения ОЯТ и ВАО	74
Литература к главе 7	75

8. Канада	76
8.1. Ведомства, ответственные за реализацию проектов захоронения	77
8.2. Классификация и реестр РАО	77
8.3. Пункты централизованного хранения ОЯТ и РАО	78
8.4. Статус проектов по созданию пунктов геологического захоронения	81
<i>Захоронение ОЯТ и ВАО. Концепция адаптивного поэтапного обращения с РАО (АПО)</i>	81
<i>Захоронение НАО и САО (Кинкардин)</i>	86
8.5. Подземная исследовательская лаборатория AECL	88
Литература к главе 8	90
9. США	91
9.1. Ответственные ведомства	92
9.2. Классификация РАО	93
9.3. Реестр и обращение с ОЯТ и РАО	95
9.4. Опытный завод по изоляции трансураниевых отходов (WIPP)	97
9.5. Проект Якка-Маунтин	100
Литература к главе 9	105
10. Финляндия	106
10.1. Ведомства, ответственные за реализацию проектов захоронения	107
10.2. Классификация, реестр и обращение с РАО	108
10.3. Статус проекта по созданию пункта геологического захоронения ОЯТ	111
Литература к главе 10	118
11. Франция	119
11.1. Ответственные ведомства	121
11.2. Классификация и реестр накопленных РАО	122
11.3. Обращение с РАО	123
<i>История создания и эксплуатации пункта захоронения Мани</i>	124
<i>История создания и эксплуатации пункта захоронения Об</i>	127
11.4. Статус проекта по созданию национального пункта захоронения ВАО	133
<i>Обоснование безопасности проекта захоронения: «Dossier Argile 2005»</i>	139
11.5. Подземная исследовательская лаборатория Турнемир	144
Литература к главе 11	145
12. Швейцария	147
12.1. Ответственные ведомства	148
12.2. Классификация и реестр РАО	149
12.3. Статус проектов по созданию пунктов захоронения	150
<i>Проект пункта захоронения ОЯТ и ВАО</i>	150
<i>Проект пункта захоронения НАО и САО</i>	152
12.4. Подземные исследовательские лаборатории	156
Литература к главе 12	159
13. Швеция	160
13.1. Ответственные ведомства	161
13.2. Классификация и реестр РАО	162
13.3. Обращение с ОЯТ и РАО	163
<i>Обращение с долгоживущими НАО и САО</i>	164
13.4. Статус проекта по созданию пункта захоронения ОЯТ	166
<i>Обоснование безопасности пункт геологического захоронения ОЯТ «SR-Site»</i>	169
13.5. Подземная исследовательская лаборатория Аспо	178
Литература к главе 13	180
14. Чехия	181
14.1. Государственная политика в области обращения с РАО и ответственные ведомства	182
14.2. Классификация и реестр РАО	184
<i>Обращение с НАО и САО</i>	185

<i>Обращение с ОЯТ</i>	187
14.3. Проект создания пункта геологического захоронения ОЯТ	187
Литература к главе 14.....	188
15. Япония	189
15.1. Ответственные ведомства	191
15.2. Классификация и реестр РАО	192
15.3. Статус проекта по созданию пункта глубинного захоронения	193
15.4. ПИЛ в Японии.....	198
Литература к главе 15.....	198
16. Международное сотрудничество в области геологического захоронения ОЯТ и РАО	199
16.1. Перспективы создания региональных и многонациональных пунктов геологического захоронения	199
16.2. Соблюдение положений Конвенции Эспо при сооружении пунктов захоронения ОЯТ и РАО	203
Литература к главе 16.....	206
Заключение	207

Предисловие директора ФГУП «Национальный оператор по обращению с радиоактивными отходами» Ю.Д. Полякова

Сегодня безопасное обращение с радиоактивными отходами (РАО) и их финальная изоляция являются актуальными вопросами для государств, использующих атомную энергию с целью укрепления безопасности и энергетики, развития науки и здравоохранения. Невозможно представить эволюцию этих национальных стратегических приоритетов без развития атомной отрасли. В то же время объемы уже накопленных радиоактивных отходов и прогнозы их образования говорят о том, что мы находимся в некой точке бифуркации, когда для экологической стабильности необходимо перейти на новый, более высокий уровень организации процесса обращения с РАО – перевода их в безопасное состояние на протяжении всего периода потенциальной радиационной опасности.

Специалисты ФГУП «НО РАО» сегодня работают на территории Красноярского края над созданием в скальной гнейсовой породе подземной исследовательской лаборатории. В этой связи особенный интерес представляют международные исследования возможности размещения в геологических формациях высокоактивных и среднеактивных долгоживущих РАО.

Мы поддерживаем контакты со всеми странами, занимающимися финальной стадией обращения с радиоактивными отходами. Считаю, что для достижения поставленных целей необходимо объединение усилий в плане совершенствования законодательной и правовой базы в области обращения с РАО, разработки и внедрения технологий и оборудования для подготовки радиоактивных отходов к финальной изоляции, создания пунктов финальной изоляции РАО. И в этом смысле обмен опытом и его обобщение являются важной составляющей работы специалистов мировой атомной отрасли в решении вопроса экологического благополучия будущих поколений.

Предисловие председателя секции №1 «Экологическая и радиационная безопасность пунктов долговременного хранения, консервации и захоронения РАО» НТС № 10 Госкорпорации «Росатом», заместителя директора ИБРАЭ РАН, И.И. Линге

Знание накопленного опыта – обязательное условие достижения хороших результатов. Представляемый обзор – это не первое масштабное обращение к зарубежному опыту в сфере обращения с радиоактивными отходами и их захоронения.

В давнем 1995 году в ИБРАЭ РАН состоялся российско-американский семинар по вопросам геологического захоронения РАО, организованный в рамках межакадемического сотрудничества. Для нас и наших российских коллег он стал хорошим поводом подумать о предстоящих сложностях, поскольку американские специалисты тогда впервые посвятили нас в масштаб уже надвигающихся проблем по Якка-Маунтин (в отечественной практике проект Yucca Mountain принято, руководствуясь принципом транслитерации, называть «Юкка Маунтин», однако сами американцы говорят именно «Якка»).

Следующее значимое погружение в проблему состоялось более чем 10 лет спустя. Оно было связано с глубоким изменением политики в области использования атомной энергии. Практически одновременно, в конце 2005 года, Российской Федерацией была ратифицирована «Объединенная конвенция о безопасности обращения с отработавшим ядерным топливом и о безопасности обращения с радиоактивными отходами». Началось резкое ускорение работ и по развитию атомной энергетики, и по принятию практических мер по ликвидации ядерного наследия. В течение 2006-2007 гг. была разработана и утверждена федеральная целевая программа «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2008 год и на период до 2015 года» (далее – ФЦП ЯРБ). В мае 2006 года состоялось первое на международной арене представление национального доклада Российской Федерации о выполнении обязательств, вытекающих из «Объединенной конвенции...» на заседании Договаривающихся сторон, в рамках которого были декларированы намерения по развитию национальных систем по обращению с ОЯТ и РАО. В обосновывающих материалах ФЦП ЯРБ также содержались обязательства о создании правовых гарантий прекращения накопления проблем в сфере обращения с ОЯТ, РАО и ВЭ. Близость радикальных сдвигов в этой области была неизбежна.

В этой ситуации по инициативе директора ИБРАЭ РАН Л.А. Большова было заключено соглашение о сотрудничестве с шведской компанией SKB IC, которое плодотворно развивалось в течение 5 лет. В рамках этого сотрудничества в Москве было проведено несколько семинаров и подготовлен объемный обзор, который был распространен среди всех организаций, работающих в сфере обращения с РАО. Однако отсутствие правовых требований по захоронению РАО до определенной поры снижало интерес к этому опыту.

В 2011 году вступил в силу российский закон по РАО и ситуация стала быстро меняться. В рамках второго тома крупного издания «Проблемы ядерного наследия и пути их решения», подготовленного в 2012 г., был приведен краткий обзор деятельности зарубежных национальных операторов, а в качестве одного из приложений был представлен детальный перевод документа национального оператора Франции (агентство АНДРА) – так называемого «Досье-2005». В этом же томе был дан расширенный облик будущей системы обращения с РАО в России, центральную роль в которой должен был сыграть «Национальный оператор по обращению с радиоактивными отходами».

Сегодня, в конце 2015 г., ситуация уже принципиально иная. Национальный оператор – это активная крупная организация, перед которой стоят сверхсложные задачи создания пунктов захоронения РАО и для целей которой, что немаловажно, аккумулированы значительные средства на

их создание. Это глубоко позитивные изменения, которые стали возможны благодаря новому закону, целенаправленной деятельности Госкорпорации «Росатом», которая стала органом государственного управления в области обращения с радиоактивными отходами и - теперь это уже можно утверждать – усилиям «Национального оператора по обращению с РАО».

К сожалению, эти значительные положительные изменения отягчаются одним обстоятельством. Проблема обращения с РАО по-прежнему многими оценивается как катастрофическая, а обсуждение вопроса о размещении пунктов захоронения РАО воспринимается с чрезмерной драматичностью. Отметим, что эта точка зрения сегодня является сильно преувеличенной. Несмотря на масштаб проблем, безопасность всего накопленного РАО обеспечивается достаточно надежно, как минимум - на приемлемом уровне. В настоящее время ни в одном из случаев не идет речь о негативном воздействии на человека – только о восстановлении и реабилитации территории в связи с прошлым загрязнением. Наиболее сложные объекты надежно контролируются, по ним ведутся работы. Более того, сочту уместным привести тезис, который детально раскрыт во втором томе упомянутой ранее монографии.

Радиоактивные отходы – это один из специфически выделенных видов промышленных отходов, в отношении бесконтрольного накопления которых в объектах окружающей среды и в нашей стране, и в мире был реализован упреждающий комплекс защитных мер. Этот комплекс мер позволил в принципе снять вопрос о наличии глобальных или региональных экологических проблем, связанных с размещением РАО. Кратко отметим несколько признаков этой специфичности выделения радиоактивных отходов из всех видов отходов производства и потребления. Во-первых, это общественное восприятие связанных с ними рисков. Общество готово мириться с любыми видами отходов, острые проблемы возникают только на локальном уровне при организации захоронения отходов. В отношении радиоактивных и, тем более, ядерных отходов общественное беспокойство зачастую принимает региональный и национальный масштаб. Во-вторых, впервые отходы привязываются к виду деятельности – использованию атомной энергии. В отношении других новых отраслей и производств подобного практически не происходит, хотя и могло бы. Например, в отношении отходов космической деятельности.

Настоящее издание ориентировано на углубленное ознакомление широкого круга читателей с несколькими важными тезисами:

- Вопросы захоронения всех типов радиоактивных отходов, а в ряде стран и отработавшего ядерного топлива, решаемы.
- Решения по размещению, технологиям и обоснованию безопасности выполняются на беспрецедентно обстоятельном и открытом уровне, что в определенной мере сказывается на темпах работ, но повсеместно признается нормальным явлением.

Российский Национальный оператор хорошо знаком с имеющимся зарубежным опытом и готов следовать ему в полной мере.



Введение

В работе представлен обзор зарубежного опыта окончательной изоляции радиоактивных отходов и отработавшего ядерного топлива, относящегося в ряде стран к отходам ядерных технологий. Рассмотрен опыт 15 стран, реализующих разные стратегии в отношении отработавшего ядерного топлива, но одинаково высокий уровень обоснования безопасности захоронения. Под захоронением подразумевается окончательная изоляция РАО без намерения их повторного извлечения, хотя такая потенциальная возможность на начальном этапе эксплуатации установки большинством стран не исключается. При этом необходимо подчеркнуть разницу в определении государствами понятия радиоактивных отходов. Помимо разницы в их классификации, ключевым различием является отнесение к ним или выделение из их состава отработанного ядерного топлива (ОЯТ).

На выбор той или иной стратегии в отношении заключительных стадий обращения с РАО влияют не только и не столько масштабы атомной энергетики и региональные геологические особенности, но и политические и социальные аспекты. Представленный материал позволяет оценить все разнообразие существующих в мире подходов к вопросу выбора площадок для размещения пунктов захоронения РАО и вовлечению в этот процесс различных заинтересованных сторон, в первую очередь – местных жителей.

Основные вызовы в настоящее время связаны с захоронением РАО в глубоких геологических формациях, обеспечивающих пассивную долгосрочную изоляцию радионуклидов от биосферы.

В настоящее время в мире функционирует два пункта глубинного геологического захоронения ТРО: это так называемая опытная установка по изоляции трансурановых РАО WIPP в США (пункт захоронения расположен в соляных формациях на глубине 650 м и принимает на захоронение РАО с удельной активностью альфа-излучателей свыше 3 700 Бк/г и периодом полураспада более 20 лет) и пункт захоронения короткоживущих НАО и САО в Венгрии, сооруженный на глубине 250 м во вмещающих породах из гранита. В других странах проекты создания подобных объектов находятся на различных стадиях реализации – от выбора площадки для строительства до рассмотрения заявки на сооружение и эксплуатации установки регулирующим органом.

С учетом того, что в России в настоящее время активно создается единая государственная система обращения с РАО, авторы-составители акцентировали свое внимание на демонстрации того, каким образом организации, ответственные за обращение с РАО в разных странах, реализуют собственные программы по созданию систем окончательной изоляции ОЯТ и РАО в разрезе проблем технического, экономического и социально-политического характера.

Несомненно, полностью охарактеризовать все аспекты, повлиявшие на динамику и особенности данных программ в той или иной стране, в рамках одной работы невозможно. В связи с этим в работе представлены лишь основные сведения, которые, тем не менее, достаточно всесторонне характеризуют текущую ситуацию, перспективы и имеющиеся проблемы: состояние атомно-энергетических мощностей, политику в области обращения с ОЯТ и РАО, национальную систему классификации РАО и реестр накопленных и прогнозных объемов РАО и ОЯТ.

Кроме того, в работе представлена краткая информация по существующим и проектируемым пунктам хранения и захоронения РАО всех типов, а также организациям, ответственным за обращение с РАО и осуществляющим деятельность по захоронению, в том числе органам регулирования. Основное внимание в работе уделено практике исследований и организационных мероприятий по захоронению РАО и ОЯТ, включая выбор площадки, принятие решений органами власти, взаимодействие с общественностью, финансирование, подготовку обоснования безопасности для лицензирования установок.

Отметим, что, как показывает зарубежный опыт, краеугольным камнем в реализации любых программ захоронения является проблема взаимодействия с общественностью. Международные специалисты сходятся во мнении, что для достижения общественного одобрения и формирования обоснованной уверенности в безопасности концепции обязательными являются следующие этапы:

- ведение открытого диалога с общественностью;
- формирование местных инициативных групп, способствующих повышению эффективности диалога;
- обеспечение прозрачности процесса принятия решений по проекту;
- организация общественных экспертиз проектных материалов и документации;
- разработка и реализация стратегий проведения информационных кампаний;
- подготовка и распространение информационных материалов для разных целевых аудиторий ;



- создание информационных центров в регионах проведения НИОКР и информационных туров на промышленные площадки;
- создание механизмов, обеспечивающих учет мнений всех заинтересованных сторон, в том числе и местных жителей, начиная с самых ранних стадий реализации проекта;
- применение поэтапного и гибкого подхода к принятию решений;
- обеспечение возможности отмены принятых ранее решений;
- обеспечение возможности повторного извлечения уже захороненных отходов.

В работе отдельно представлена краткая информация по уже разработанным обоснованиям безопасности проектов захоронения Швеции, Франции и США. Такой выбор обусловлен желанием рассмотреть специфику аргументации безопасности для различных видов вмещающих пород и категорий РАО: Швеция – высокопрочные кристаллические формации для захоронения ОЯТ, Франция – глиняные вмещающие породы для захоронения ВАО, США – захоронение трансураниевых радиоактивных отходов в соляных формациях. Описаны подходы, используемые для демонстрации безопасности, приведены основные аргументы безопасности, а также представлена структура материалов обоснования безопасности в рамках всей совокупности материалов, направляемых разработчиком проекта на рассмотрение регулируемому органу.

Издание подготовлено на основе анализа материалов, опубликованных в официальных изданиях или размещенных на интернет-ресурсах государственных органов управления и регулирования в области безопасности обращения с РАО, а также отчетах и рекомендациях авторитетных международных организаций (АЯЭ/ОЭСР и МАГАТЭ).

Публикация готовилась в 2013-2015 гг. и по возможности актуализировалась в процессе написания отдельных разделов.

Работа ориентирована на заинтересованных в вопросе безопасности захоронения РАО представителей общественности и специалистов, предметно занимающихся этой деятельностью. Представленная информация может быть использована как исходные данные для обсуждения широкого круга вопросов по захоронению РАО.



Принятые сокращения

- BWR — Boiling Water Reactor — ядерный реактор кипящего типа
- CANDU — канадский тяжеловодный урановый ядерный реактор
- DWMF — Дарлингтонская установка по обращению с радиоактивными отходами (Канада)
- ERDO — Европейская организация по разработке совместного проекта захоронения
- PWMF — Пикернигская установка по обращению с радиоактивными отходами (Канада)
- PWR — Pressurized Water Reactor — реактор с водой под давлением
- WIPP — опытная установка по изоляции трансурановых радиоактивных отходов
- WWMF — Западная установка по обращению с радиоактивными отходами (Канада)
- АЭС — атомная электростанция
- АЯЭ/ОЭСР — Агентство по Атомной Энергии при Организации Экономического Сотрудничества и Развития Nuclear Energy Agency (OECD)
- ВАО — высокоактивные отходы
- ВВЭР — водно-водяной энергетический реактор
- ВЭ — вывод из эксплуатации
- ГДР — Германская Демократическая Республика
- ДЖ РАО — долгоживущие радиоактивные отходы
- ДЗВОС — дополнительное заключение о воздействии на окружающую среду
- ЕББ — естественные барьеры безопасности
- ЖРО — жидкие радиоактивные отходы
- ЗВОС — заявление о воздействии на окружающую среду
- ЗРИ — закрытый радионуклидный источник
- ИББ — инженерные барьеры безопасности
- ИИИ — источник ионизирующего излучения
- ИР — исследовательский реактор
- КЖ РАО — короткоживущие радиоактивные отходы
- КН (пил КН) — подземная исследовательская лаборатория конкретного назначения (также называемые «объектами по характеристике пород») — подземные исследовательские установки, предназначенные для проведения исследований и испытаний на конкретных площадках, рассматриваемых как потенциально пригодные для строительства пунктов окончательной изоляции ОЯТ или РАО. Проводимые в такой ПИЛ исследования рассматриваются в качестве начального этапа создания реального пункта окончательной изоляции.
- МАГАТЭ — Международное агентство по атомной энергии
- МОКС-топливо — смешанное оксидное топливо
- НАО — низкоактивные отходы
- НИОКР — научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы
- НСАО — низко и среднеактивные отходы
- ОВОС — оценка воздействия на окружающую среду
- ОЗРИ — отработавший закрытый радионуклидный источник



ОН (ПИЛ ОН) — подземная исследовательская лаборатория общего назначения – подземная исследовательская установка, созданная для целей изучения общих вопросов в области захоронения РАО и ОЯТ и проведения испытаний на площадках, которая ни при каких обстоятельствах не будет использоваться для размещения пунктов окончательной изоляции ОЯТ или РАО

ОНАО — очень низкоактивные отходы

ООБ — отчет по обоснованию безопасности

ОТВС — отработавшие тепловыделяющие сборки

ОЯТ — отработавшее ядерное топливо

ПГЗ — пункт глубинного захоронения

ПЗ — пункт захоронения

ПИЛ — подземная исследовательская лаборатория

ПХ — пункт хранения

РАО — радиоактивные отходы

РМПП — радиоактивный материал природного происхождения

САО — среднеактивные отходы

ТРУ РАО — трансурановые радиоактивные отходы

ЯТЦ — ядерно-топливный цикл

ЯУ — ядерная установка



1. Австралия

Стратегия обращения с ОЯТ и РАО

Долговременное хранение РАО с намерением построить пункт приповерхностного захоронения для короткоживущих НАО и САО в скором будущем, а также в далекой перспективе – пункт геологического захоронения долгоживущих САО и ВАО, образовавшихся в результате переработки ОЯТ

Реестр РАО

Категория РАО	Накопленные объемы, м ³	Ежегодные объемы образования, м ³
НАО и КЖ САО	3 700	40
ДЖ САО	500	< 5
ВАО	нет	-

Проекты по созданию пунктов захоронения

Тип захораниваемых отходов	КЖ НАО и САО	ДЖ САО/ВАО
Тип вмещающих пород	не определено	не определено
Глубина захоронения, м	15-20	не определено
Возможность повторного извлечения отходов	не определено	не определено
Запуск программы НИОКР	1980 г.	-
Начало работ по поиску площадки	1979 г.	-
Текущий статус проекта	поиск площадки	планирование деятельности
Планируемая дата ввода в эксплуатацию	начало 2020-х гг.	не определено
Плотность населения в стране (в районе размещения), чел/км ²	2 (0,003)	2
Право вето у местного населения	да	процедура привлечения населения к участию в процессе выбора площадки для сооружения пункта захоронения не разработана
Денежные выплаты муниципалитетам	да*	
Программа привлечения местного населения	разработана	
Площадка расположена вблизи ядерных объектов	-	

Подземная исследовательская лаборатория

нет

Организационные аспекты

Орган государственного управления в области обращения с ОЯТ и РАО	Министерство промышленности и науки (www.industry.gov.au)
Организация, ответственная за реализацию проекта по захоронению РАО (разработка проекта, НИОКР, лицензирование, строительство, эксплуатация)	ANSTO — Австралийская организация по ядерной науке и технологиям (государственное ведомство при министерстве промышленности) (www.ansto.gov.au)
Основные регулирующие органы	
Орган государственного регулирования безопасности в области атомной энергии	ARPANSA — Австралийское агентство по радиационной защите и ядерной безопасности (www.arpansa.gov.au)
Орган государственного регулирования в области охраны окружающей среды	ЕРА — Подразделения Управления по защите окружающей среды и Министерства здравоохранения в отдельных штатах

* после ввода в эксплуатацию пункта захоронения планируется открыть доступ к особому Фонду размером не менее 10 млн долларов, средства из которого могут расходоваться на развитие местной инфраструктуры и модернизацию объектов коммунального хозяйства



Несмотря на то, что Австралия является крупнейшим производителем урана и имеет собственную историю исследований в области ядерных технологий, в этой стране до сих пор нет ни одной атомной электростанции. Основным источником образования РАО – горнодобывающая отрасль, а также использование радиоизотопов в науке, медицине и промышленности. Кроме того, имеется один действующий исследовательский реактор – в январе 2007 года в научно-исследовательском центре Лукас-Хайтс, вблизи Сиднея, был введен в строй реактор OPAL (Open Pool Australian Light water – бассейновый легководный реактор открытого типа), заменивший остановленный исследовательский реактор HIFAR (High Flux Australian Reactor – реактор с высокой плотностью нейтронного потока), поработавший 50 лет. Эксплуатацией установок Лукас-Хайтс занимается Австралийская организация по ядерной науке и технологиям (ANSTO) [1].

1.1. Классификация и реестр РАО

Австралийская система классификации РАО практически идентична системе классификации РАО МАГАТЭ. Единственным отличием является предельная величина периода полураспада содержащихся в РАО радионуклидов, на основании которой отходы разделяются на две категории – короткоживущие и долгоживущие. Эта величина составляет 40 лет, а не 30 лет, как заявлено в документе МАГАТЭ «Классификация радиоактивных отходов» («Classification of Radioactive Waste» GSG-1).

Австралия осуществляет переработку всего ОЯТ исследовательских реакторов, за исключением топлива американского происхождения, которое в полном объеме уже возвращено в США. Переработка ОЯТ производится во Франции. До конца 2015 года все отходы, образовавшиеся от переработки ОЯТ неамериканского происхождения, будут возвращены в Австралию и помещены на долгосрочное хранение в ожидании создания национального пункта геологического захоронения САО [2, 3].

1.2. Установки по обращению с РАО

На площадке центра Лукас-Хайтс расположены установки для хранения ОЯТ и радиоактивных отходов, образующихся в результате эксплуатации исследовательского реактора. НАО, долго- и короткоживущие САО, произведенные в Квинсленде, хранятся в специализированной поверхностной установке в городе Эск вблизи Брисбена.

В Западной Австралии находится пункт приповерхностного захоронения Маунт Уолтон Ист, расположенный в 480 км к северо-востоку от города Перт. Сюда направляют трудноперерабатываемые отходы, производимые в этом штате, включая НАО и короткоживущие САО.

В сентябре 2012 года ANSTO объявила о своих намерениях построить завод по обращению со среднеактивными отходами на площадке Сазерленд Шир вблизи Сиднея. Установка будет осуществлять обработку отходов, поступающих из расположенного неподалеку медицинского учреждения. Проведя экспертизу проекта и консультации с общественностью, в мае 2014 года австралийский регулятор утвердил планы по сооружению завода. ANSTO планирует начать строительство уже в 2015 году с завершением всех работ на площадке к концу 2017 года [4].

1.3. Статус проекта по созданию пункта захоронения НАО и короткоживущих САО

На данный момент НАО и короткоживущие САО планируется окончательно изолировать в национальном пункте захоронения, представляющем собой несколько неглубоких выработок с многослойным покрытием. Также изучается возможность размещения на площадке пункта поверхностного хранения долгоживущих САО, включая РАО, возвращенные в Австралию и образовавшиеся в результате переработки ОЯТ исследовательского реактора. В рамках разработанной концепции захоронения планируется использовать систему множественных барьеров безопасности, в том числе включающую [5]:

- упаковки с кондиционированными РАО;
- форму отходов;
- траншеи/скважины для захоронения упаковок с РАО;
- площадку, обладающую благоприятными характеристиками с точки зрения вмещающих пород, поверхностных и грунтовых вод, а также наличия безводной вмещающей среды.

Планируемый срок эксплуатации установки составляет 50 лет. Однако из-за небольших объемов годового образования РАО в Австралии отходы будут захораниваться поэтапно, т.е. между поставками отходов на захоронение будет проходить от двух до пяти лет. После завершения каждой стадии захоронения планируется выполнять работы по закрытию траншей и скважин пункта



захоронения, а также принимать дополнительные меры для предотвращения несанкционированного доступа и минимизации притока дождевой воды.

После прекращения всех операций по захоронению и окончательного закрытия установки предусмотрен этап ведомственного контроля продолжительностью 200 лет. После его завершения данные территории могут быть переданы в неограниченное землепользование [5].

Сама площадка займет участок размером 1,5×1,5 км, а зону захоронения РАО площадью 100×100 м, состоящую из траншей и скважин, планируется разместить в центральной его части. Ширина траншей у основания составит порядка 12 м при глубине заложения от 15 до 20 м ниже уровня поверхности земли. Стены траншей планируется сделать наклонными, что позволит предотвратить обвал грунта. Скважины диаметром около 2 м также будут располагаться на глубине 15–20 м. Принципиальная схема устройства траншей и скважин показана на рис. 1.1 [5].

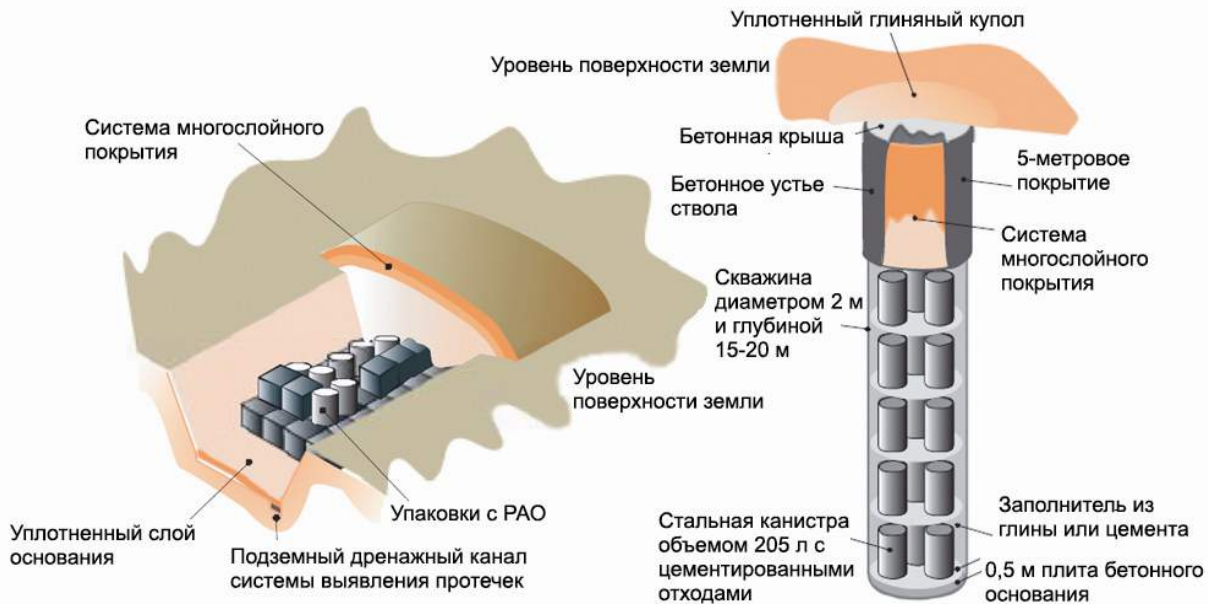


Рис. 1.1. Принципиальная схема устройства траншей и скважин проектируемого пункта приповерхностного захоронения в Австралии

В Австралии процесс выбора площадки для сооружения пункта захоронения НАО и короткоживущих САО стартовал еще в начале 80-х годов прошлого века. После того, как под политическим давлением оператору пришлось отказаться от участка в штате Южная Австралия, поиск потенциальной площадки сосредоточен на Северных землях. С 2007 года правительство изучало возможность сооружения установки на участке площадью в 225 га в окрестностях станции Макэти (Muckaty Station). Эта площадка была выдвинута Советом Северных земель (выборный местный совет), представляющим интересы коренного населения. За участие в процессе выступила одна из общин, проживающих в этой местности. Однако другие общины сразу же выразили свое недовольство, и по этому вопросу было начато судебное разбирательство, закрытое в июне 2014 года после решения федерального правительства о снятии площадки с дальнейшего рассмотрения [6, 7].

Несмотря на такое решение, правительство Австралии продолжило консультации с местным населением с целью поиска другого места для строительства пункта захоронения на территории Северных земель. Так, в августе 2014 года состоялась встреча министра промышленности с представителями доверительного совета общины аборигенов муниципалитета Макэти, целью которой было обсуждение наиболее острых вопросов, связанных со строительством комплекса по обращению с РАО. Было решено, что к ноябрю 2014 года Совет Северных земель предложит альтернативную площадку для сооружения пункта захоронения. Однако уложиться в отведенный срок Совет так и не смог, поэтому вопрос о месте размещения объекта оставался открытым до весны 2015 года [8].

В марте 2015 года министр промышленности и науки выступил с официальным обращением ко всем штатам Австралии, призвав местных землевладельцев рассмотреть возможность строительства пункта захоронения на принадлежащих им территориях и направить свои предложения



министерству в срок до 5 мая 2015 года, тем самым инициировав новый процесс поиска площадки для сооружения установки.

Поиск кандидатов-добровольцев является одним из четырех последовательных этапов реализации проекта по окончательной изоляции РАО в Австралии. После формирования списка кандидатов будут установлены конкретные площадки и проведена их характеристика. Ожидается, что окончательный выбор в пользу той или иной площадки будет сделан к середине 2016 года. Затем будет разработан проект самой установки и инициирована процедура лицензирования, а после получения лицензии на выбранной площадке стартуют строительные работы. Следует отметить, что правительство Австралии обязалось проводить общественные консультации на каждом этапе реализации программы захоронения [9].

Согласно текущим оценкам, пункт захоронения будет открыт в начале 2020-х гг. Точный год ввода установки в эксплуатацию пока определить сложно, ведь многое зависит от скорости прохождения процедуры лицензирования и получения различных разрешительных документов.

Площадки, выдвинутые на рассмотрение землевладельцами, будут оценены советом независимых экспертов. Рекомендации экспертов относительно пригодности площадок – кандидатов для строительства установки будут направлены на рассмотрение Министерству промышленности и науки. Сами площадки будут сопоставляться между собой по целому ряду критериев, в том числе: по стабильности вмещающей среды, возможности обеспечения требуемого уровня безопасности и защиты окружающей среды, воздействию установки на здоровье людей, а также экономической целесообразности реализации проекта в конкретной местности. Как только площадка по всем параметрам наиболее пригодная для строительства установки будет выбрана, между правительством и владельцем соответствующего земельного участка будут проведены переговоры. Правительство также проведет консультации с местными жителями выбранного региона, основная задача которых заключается в согласовании выделяемых им пакетов льгот [9].

В тоже время в мае 2014 года на выработку детализированных проектов будущего пункта захоронения из федерального бюджета страны было выделено 22,6 млн долларов [10]. Как только вопрос с местом размещения установки решится, в течение двух лет будет проведена экологическая экспертиза, совмещенная с процессом лицензирования [8].

Между тем в ноябре 2013 года ARPANSA выдало лицензию на строительство пункта промежуточного хранения САО в научно-исследовательском центре Лукас-Хайтс. При этом представители ARPANSA заявили, что создание пункта хранения следует рассматривать лишь в качестве промежуточной меры, и оно никоим образом не должно сказаться на темпах разработки стратегии долгосрочного хранения РАО и создания пункта захоронения [11].

Литература к главе 1

1. OECD/NEA, Radioactive Waste Management Programmes in OECD/NEA Member Countries, Australia, Profile, Organization for Economic Cooperation and Development/Nuclear Energy Agency 2009.
2. World Nuclear Association, Storage and Disposal Options, Radioactive Waste Management Appendix 2 (Updated August 2013).
3. World Nuclear Association, National Policies Radioactive Waste Management - Appendix 3 (updated April 2013).
4. Progress in Siting Nuclear Waste Facilities, Fuel Cycle Research and Development, Prepared for U.S. Department of Energy Nuclear Fuels Storage and Transportation Planning Project, Laura L. Price, Rob P. Rechard, Sandia National Laboratories, September 2014.
5. National Radioactive Waste National Repository Draft EIS, Summary, Department of Education, Science and Training, 2002.
6. BBC (British Broadcasting Company), Australia drops planned Aborigine nuclear waste site. 2014, British Broadcasting Company.
7. Australian waste facility site shelved, World Nuclear News, June 2014.
8. Nominations Open for Australian Waste Site, World Nuclear News, 14 August 2014.
9. Australia launches waste site selection process, World Nuclear News, March 2015.
10. Dalrymple, W., Australia Synroc plant construction approved by regulator, in Nuclear Engineering International. 2014, Nuclear Engineering International: Kent, United Kingdom.
11. ARPANSA CEO's Decision on ANSTO's Interim Waste Store, ARPANSA, November 2013.





2. 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)

Реестр РАО (прогнозы накопления к 2075 году)

Категория РАО	Отказ от переработки ОЯТ	Возобновление переработки ОЯТ
А	69 900 м ³	
В	11 100 м ³	10 430 м ³
С	600 м ³	4 500 м ³

Реестр ОЯТ (текущие объемы накопления по состоянию на конец 2014 года)

АЭС Доэль (сухое хранение)	2 537 ОТВС
АЭС Тианж (мокрое хранение)	2 423 ОТВС

Проекты по созданию пунктов захоронения

Тип захораниваемых отходов	КЖ НАО/САО (Dessel)	ДЖ НАО/САО* ВАО**
Тип вмещающих пород	приповерхностный ПЗ	бумские глины
Глубина захоронения, м	-	240
Возможность повторного извлечения отходов	да	да
Запуск программы НИОКР	1985 г.	1974 г.
Начало работ по поиску площадки	1994 г.	-
Текущий статус проекта	рассмотрение заявки регулятором	НИОКР, направленные на подтверждение пригодности конкретных вмещающих пород
Планируемая дата ввода в эксплуатацию	2016 г.	* - 2035 г., ** - 2080 г.
Плотность населения в стране (в районе размещения), чел/км ²	342 (340)	342
Право вето у местного населения	да, де факто, но на законодательном уровне право вето не закреплено	
Денежные выплаты муниципалитетам	да	не определено
Программа привлечения местного населения	разработана	не разработана
Площадка расположена вблизи ядерных объектов	да	-

Подземная исследовательская лаборатория

Название	HADES
Тип	общего назначения
Тип пород	бумские глины
Глубина, м	230
Период эксплуатации	с 1984 г.

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)	ONDRAF/NIRAS

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



На данный момент в Бельгии на двух АЭС Доэль и Тианж действует в общей сложности 7 реакторных блоков PWR суммарной мощностью 6,2 ГВт, производящих более половины всей электроэнергии в стране (рис. 2.1). Также имеется два исследовательских реактора, эксплуатируемых Бельгийским центром ядерных исследований SCK-CEN [1]. С 1975 по 1993 гг. все бельгийское ОЯТ перерабатывалось, однако в 1993 году после сравнения различных стратегий бэк-энда Парламент ввел мораторий на переработку ОЯТ, и на данный момент отработавшее топливо подлежит временному хранению с возможностью повторного извлечения [2, 3].

Бельгия



Рис. 2.1. Ядерные установки в Бельгии

2.1. Ведомства, ответственные за реализацию проектов захоронения

На рисунке 2.2 представлены основные участники процесса обращения с РАО, включая регулирование [4].

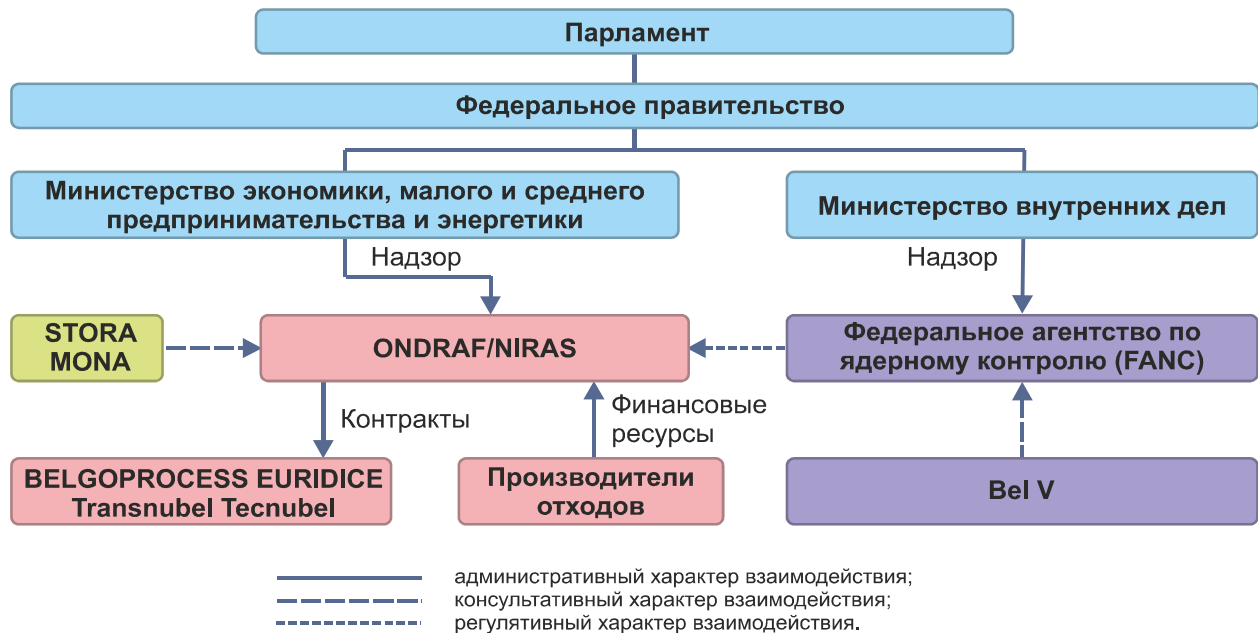


Рис. 2.2. Основные участники процесса обращения с РАО в Бельгии

В Бельгии ответственность за формирование национальной политики в области использования атомной энергии несет Министерство экономики, малого и среднего предпринимательства и энергетики. Все ОЯТ, образующееся в Бельгии, находится в собственности частной компании Synatom (100% акций компании принадлежат энергетической компании GdF-Suez/Electrabel, владельца АЭС Доэль и Тианж), которая также несет ответственность за деятельность, реализуемую на разных этапах ЯТЦ: от поставок урана до обращения с ОЯТ, а также вывода из эксплуатации АЭС (в том числе Synatom отвечает за выбор стратегии ВЭ АЭС и соответствующего сценария обращения с ОЯТ).



Вопросами долгосрочного обращения с РАО занимается Национальное агентство по обращению с РАО и делящимися материалами ONDRAF/NIRAS*, находящееся в ведении Министерства экономики, малого и среднего предпринимательства и энергетики. При этом ONDRAF/NIRAS:

- осуществляет оценку качества установок по обработке, кондиционированию и хранению РАО;
- устанавливает критерии приемлемости для кондиционированных и некондиционированных РАО;
- каждые пять лет обновляет данные по реестру РАО и формирует программу долгосрочного обращения с ними.

В соответствии с действующим в Бельгии принципом «загрязняющий платит», деятельность ONDRAF/NIRAS в области долгосрочного обращения с РАО финансируется из средств производителей отходов. После приведения ими отходов в соответствие с установленными критериями приемлемости и уплаты взноса, владельцем РАО становится ONDRAF/NIRAS. Помимо установления критериев приемлемости для РАО, Агентство также несет ответственность за транспортировку, обработку, кондиционирование, хранение и захоронение всех РАО в Бельгии, а также ведение реестра по всем ядерным установкам и производимым ими РАО. Все вещества, отнесенные к категории радиоактивных отходов, переданные в собственность ONDRAF/NIRAS, хранятся в помещениях дочернего предприятия Агентства – Белгопроцесс. Таким образом, Белгопроцесс несет ответственность за производственную сторону обращения с РАО, а ONDRAF/NIRAS – за административную и исследовательскую.

Поддержку ONDRAF/NIRAS в осуществлении НИОКР оказывает Бельгийский ядерный исследовательский центр (SCK·CEN со штаб-квартирой в Моле), а также различные университеты и исследовательские организации. Содействие в проводимых SCK·CEN НИОКР оказывает несколько компаний, в том числе Tractebel Engineering, GDR Suez. Организацией исследований на площадке подземной исследовательской лаборатории HADES занимается компания EURIDICE.

ONDRAF/NIRAS был разработан план долгосрочного обращения с долгоживущими НАО/САО и ВАО, а также стратегическая оценка воздействия на окружающую среду. 26 сентября 2011 года оба документа были переданы на рассмотрение Правительству, которое должно завершиться принятием принципиального решения о национальной политике долгосрочного обращения с такими отходами. По состоянию на начало 2015 года бельгийское Правительство это решение пока так и не приняло. Также ONDRAF/NIRAS занимается проведением общественных консультаций и ответственно за информирование общественности по всем вопросам, связанным с обращением с РАО. Поскольку нормами бельгийского законодательства закреплено обязательное участие общественности в разработке любых проектов, способных оказать воздействие на окружающую среду, было учреждено два муниципальных товарищества, представляющих интересы местных жителей в рамках проекта по созданию пунктов окончательной изоляции РАО в регионе Моль-Дессель (STORA (Дессель) и MONA (Моль)).

Федеральное агентство по ядерному контролю (FANC) находится в ведении Министерства внутренних дел и осуществляет контроль над любой ядерной деятельностью. Оно несет ответственность за разработку и проведение всех законодательных актов в сфере ядерной и радиационной безопасности, утверждение директив и руководящих принципов, а также лицензирование и проведение инспекций.

Техническую поддержку в реализации своей миссии Агентству оказывает компания Bel V**, занимающаяся подготовкой отчетов по результатам рассмотрения оценки безопасности, проведением проверок на соответствие законодательным и иным требованиям новых АЭС и модификаций, внесенных на уже действующих ядерных установках, а также подготовкой отчетов по результатам выполненных инспекций.

В Бельгии существует два основных механизма финансирования деятельности по обращению с РАО и ОЯТ. Финансирование затрат на долгосрочное обращение с РАО ведется из средств специального фонда – FLT («Fund for Long-Term Management of all Radioactive Waste»), учрежденного в 1999 году. В частности, средства этого фонда расходуются на осуществление деятельности по обеспечению промежуточного хранения и окончательного захоронения РАО, находящихся в собственности ONDRAF/NIRAS. Любое лицо, передающее РАО ONDRAF/NIRAS, должно перечислить в фонд определенную сумму денег, определяемую на основании объема и радиологических характеристик передаваемых отходов, а также периодически обновляемых оценок будущей стоимости захоронения РАО. Управлением средствами фонда занимается ONDRAF/NIRAS в соответствии с положениями страте-

* National Agency for Radioactive Waste and Fissile Materials

** Частная некоммерческая организация



гии инвестирования, утвержденной советом директоров Агентства. Согласно данным ONDRAP/NIRAS, к 2012 году размер фонда составил порядка 106 млн евро.

Второй механизм используется для финансирования работ по выводу из эксплуатации АЭС и обращению с ОЯТ (переработка ОЯТ на данный момент запрещена, хотя официального документа, согласно которому ОЯТ признавалось бы РАО, пока нет). Данный фонд был учрежден после принятия закона «Об отказе от атомной энергии» в 2003 году. Управление средствами фонда поручено компании GdF-Suez/Electrabel. Согласно данным Synatom, к концу 2012 года на счетах фонда было накоплено порядка 7 млрд евро.

Также следует выделить еще один механизм финансирования, созданный сравнительно недавно – FMT («Fund for the Middle-Term»). Если средства FLT предназначены для покрытия затрат, связанных с технической реализацией проектов по созданию пунктов захоронения, то фонд FMT в первую очередь создан для «оказания необходимой социальной поддержки местному населению при создании пунктов захоронения в Бельгии». Так, например, в рамках проекта по созданию приповерхностного пункта захоронения РАО категории А местному населению предлагается выделить порядка 130 млн евро.

Также были определены приблизительные затраты на создание двух типов пунктов окончательной изоляции. Так, с учетом имеющихся неопределенностей (особенно существенных в случае геологического захоронения, например, реестр захораниваемых отходов, место для строительства установки, глубина заложения, необходимость обеспечения возможности для повторного извлечения РАО и т.д.) суммарные затраты на создание пункта приповерхностного захоронения отходов категории А должны составить порядка 0,8 млрд евро, а пункта геологического захоронения отходов категорий В и С – порядка 3 млрд евро (согласно оценкам, сделанным ONDRAP/NIRAS в 2010 году).

2.2. Классификация РАО

Согласно бельгийской классификационной системе РАО могут относиться к трем категориям (рис. 2.3) [1, 5]:

- Отходы категории А (короткоживущие НАО/САО) – это кондиционированные отходы с настолько низкой активностью радиоактивных элементов и малым периодом полураспада, что их допустимо захоранивать на поверхности. Данная категория включает короткоживущие НАО и САО, содержащие лишь незначительные количества долгоживущих альфа-излучателей (т.е. большинство радиоактивных элементов в их составе имеет период полураспада 30 лет и менее). Такие отходы следует изолировать от человека и окружающей среды на срок не менее 300 лет, пока уровень их активности не уменьшится не менее, чем в 1000 раз. Согласно оценкам 2008 года, суммарный объем кондиционированных РАО категории А к 2075 году составит порядка 69 900 м³, и именно на эту категорию придется около 74% всех РАО, которые могут образоваться в результате проведения работ по ВЭ бельгийских ядерных установок. Речь идет, прежде всего, о двух реакторных блоках АЭС Доэль, находящихся в эксплуатации уже 40 лет: первый блок был окончательно остановлен в феврале 2015 года (работы по ВЭ намечены на 2019–2028 гг.), а второй будет закрыт в декабре 2015 года.
- Отходы категории В (долгоживущие НАО/САО) – это кондиционированные НАО и САО, содержащие долгоживущие альфа-излучатели в таких количествах, что данные отходы нельзя отнести к категории А. В тоже время, низкий уровень тепловыделения не позволяет отнести их к категории С. Такие отходы также могут содержать некоторые количества бета- и гамма-излучателей. Предполагается, что на эту категорию придется порядка 22% РАО от ВЭ. К 2075 году суммарный объем кондиционированных отходов категории В оценивается на уровне 10 430 м³ в случае отказа от практики переработки, а в случае полномасштабной переработки – 11 100 м³.
- Отходы категории С (короткоживущие и долгоживущие ВАО) – это кондиционированные ВАО, содержащие значительные количества бета- и гамма-излучателей с коротким периодом полураспада и большие количества долгоживущих альфа-излучателей. Из-за высокой активности такие отходы, как правило, характеризуются значительным уровнем тепловыделения (более 20 Вт/м³).

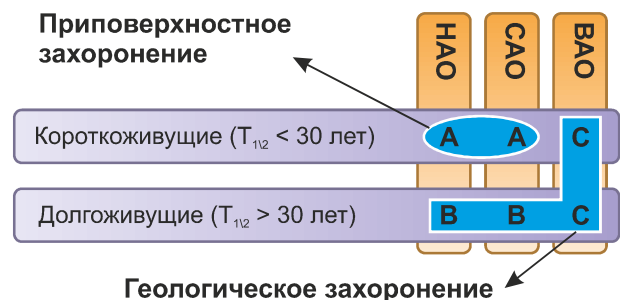


Рис. 2.3. Бельгийская классификация РАО





Отходы категорий В и С, содержащие значительные количества радиоактивных элементов с периодом полураспада более 30 лет, следует изолировать от человека и окружающей среды на срок свыше 300 лет, а для того чтобы уровень их активности снизился по крайней мере в 1 000 раз должно пройти от нескольких десятков до нескольких тысяч лет. Суммарный объем кондиционированных РАО категории С к 2075 году составит порядка 600 м³ в случае полной переработки и 4 500 м³ в случае отказа от практики переработки.

Учитывая все вышесказанное, принятое бельгийским Правительством в июле 2012 года решение о продлении срока службы реактора Тианж 1 еще на 10 лет, как ожидается, приведет к увеличению суммарного объема накопления РАО категорий А и В на 300 м³ и категории С на 150 м³ в случае отказа от переработки, а в случае полной переработки – на 330 м³ для РАО категорий А и В и на 30 м³ для категории С.

2.3. Хранение РАО и ОЯТ

В Бельгии имеется два централизованных пункта хранения ОЯТ: сухое хранилище в Доэле (эксплуатируется с 1995 года) и мокрое хранилище в Тианже (в эксплуатации с 1997 года). По состоянию на конец 2014 года в сухом хранилище Доэля находится 86 контейнеров, содержащих 2 537 топливных элементов (хранилище заполнено на 52%), а в мокром хранилище Тианжа – 2 423 топливных элемента (хранилище заполнено на 65%). Кроме того, в Десселе на площадке инжиниринговой компании «Белгопроцесс» действует пункт хранения НАО/САО и остеклованных ВАО [5].

2.4. Статус проектов по созданию пунктов захоронения РАО

Захоронение РАО категории А

РАО категории А планируется окончательно изолировать в приповерхностном пункте захоронения, принципиальная схема устройства которого показана на рис. 2.4 – 2.5. Основные этапы реализации бельгийского проекта по созданию пункта захоронения короткоживущих НАО и САО представлены в табл. 2.1.

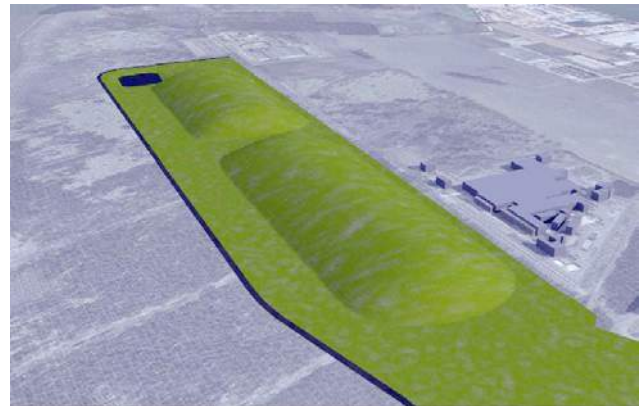


Рис. 2.4. Принципиальная схема приповерхностного пункта захоронения в Десселе



Рис. 2.5. Основные конструктивные элементы пункта захоронения Dessel



Табл. 2.1. Этапы реализации программы по созданию приповерхностного пункта захоронения «сАт»

1983 г.	Прекращение сброса РАО в море
1985–1993 гг.	Проведение исследований, основная задача которых заключалась в выработке решений по захоронению РАО категории А
1994 г.	Формирование общей концепции приповерхностного захоронения короткоживущих НАО и САО. Определено 98 потенциальных площадок для строительства пункта захоронения
1998 г.	Правительством утверждена политика долгосрочного обращения с РАО, относящимися к категории А – захоронение. Решение Совета Министров о приостановлении программы по поиску площадки из-за недовольства местных жителей. Процедура выбора площадки была инициирована повторно. В первую очередь были рассмотрены площадки, удовлетворяющие сразу двум критериям: 1) где местные жители собственноручно выразили желание участвовать в процессе выбора площадки; 2) в окрестностях площадки уже размещены ядерные установки.
1998–2006 гг.	Проведение консультаций с местным населением на предпроектном этапе, а также предварительных обсуждений с регулятором и организацией технической поддержки.
2006 г.	Определены два кандидата (Моль и Дессель), претендующие на размещение как приповерхностного, так и глубинного пунктов захоронения.
Июнь 2006 г.	Совет Министров принимает решение о создании приповерхностного пункта захоронения РАО в Десселе. Правительство обращается к FANC с просьбой разработать специальную процедуру лицензирования пунктов захоронения.
13 января 2013 г.	ONDRAF/NIRAS подает FANC заявку на получение лицензии на строительство пункта захоронения
2014 г.	Рассмотрение заявки регулятором

Бельгия



Проект приповерхностного пункта захоронения предусматривает размещение в установке как всего объема уже накопленных РАО, так и отходов категории А, которые, согласно прогнозам, образуются в будущем. Отходы будут помещены в бетонные модули высотой 11 м, длиной 27 м и шириной 25 м с кровельным покрытием и толщиной стен 0,7 м.

Сейчас РАО категории А хранятся в бетонных контейнерах стандартного типа с толщиной стенок 0,12 м, длиной 2 м и шириной от 1,35 до 0,62 м в зависимости от габаритов отходов. Для заполнения пустот в контейнер заливают цементный раствор. В такой форме отходы будут помещены внутрь монолитов пункта захоронения. Один модуль пункта захоронения сможет принять около 900 таких монолитов, а сам процесс размещения отходов в установке с использованием дистанционной полуавтоматизированной системы захоронения займет около 50 лет. На протяжении всего процесса захоронения и после размещения отходов все модули будут защищены от атмосферных осадков стационарной кровлей, которая при закрытии объекта будет заменена окончательным многослойным покрытием мощностью около 4,5 м, сложенным различными природными материалами (песком, гравием и глиной):

- слой № 1 – биологический слой (1,5 м) обеспечит инфильтрацию атмосферных осадков, будет служить питательной средой для развития растительного покрова и защищать лежащий ниже слой глины (инфильтрационный барьер) на разных этапах климатического цикла (оледенение/таяние льдов; влажный/сухой период), тем самым предотвращая растрескивание и высыхание слоя глины;
- слой № 2 – барьер от проникновения живых организмов (1,5 м) обеспечивает защиту лежащего ниже инфильтрационного барьера от процессов биотурбации, обусловленных разрастанием корневой системы растений и жизнедеятельностью землеройных животных;
- слой № 3 – инфильтрационный барьер (1,5 м) играет роль основного барьера, препятствующего проникновению воды в установку, обеспечивающего стабильность химических условий и не допускающего ухудшения качественных характеристик бетонного основания;
- слой № 4 – дренирующий слой из песка (0,25 м) обеспечивает отвод приблизительно половины объема воды, просачивающейся в установку сквозь инфильтрационный барьер;
- непроницаемая верхняя плита модуля захоронения, выполненная из армированного бетона, играет роль второго инфильтрационного барьера.

Объем инфильтрации атмосферных осадков ($P - Infiltration\ of\ Precipitation$) снижается благодаря процессам эвапотранспирации (суммарное количество влаги, удаляемой в результате испарения с по-



верхности земли (E_{sa} – evaporation of water from the soil surface), транспирации (физиологическое испарение воды листьями и другими частями растений – T_a (transpiration)) и задержания осадков растительным покровом (I_c – evaporation of water intercepted by the plant canopies). Снижение объема суммарной инфильтрации также обусловлено отводом поверхностного стока R (surface runoff) за счет соответствующего угла наклона поверхности. Таким образом, значение эффективной инфильтрации (I) равно разности между суммарным объемом выпавших осадков и объемом воды, не просочившейся в установку благодаря процессам эвапотранспирации и отводу поверхностного стока. При этом часть воды, дошедшей до поверхности первого инфильтрационного барьера из глины, отводится с помощью бокового дренажа в слой №2 D_{li} (laterally drained bio-intrusion barrier). Часть воды, достигшей поверхности бетонной плиты, также за счет бокового дренажа отводится в слой № 4. Таким образом, в установку захоронения может проникнуть лишь незначительный объем воды, изначально выпавшей на поверхность земли.

В целом программа по созданию пункта захоронения в Десселе состоит из семи отдельных проектов (рис. 2.6) [6]:



Рис. 2.6. Основные составляющие программы по созданию пункта захоронения в Десселе

1. Проект по созданию непосредственно самого **пункта захоронения**. Процесс захоронения РАО категории А будет состоять из следующих последовательных этапов:

- отходы размещают внутри контейнеров из бетона, в которые затем заливают цементный раствор, благодаря чему формируется монолитный блок;
- монолиты, ослабляющие радиоактивное излучение и иммобилизующие радиоактивные вещества, служат ключевым элементом безопасности;
- монолиты, содержащие РАО, размещают внутри модулей – толстостенных бункеров из армированного бетона;
- после засыпки поверх модулей устанавливается бетонное покрытие;
- временная кровля из стали, устанавливаемая над всеми модулями, обеспечивает защиту от осадков до и после установки засыпки;
- со временем стальная кровля будет заменена постоянным многослойным покрытием.

Таким образом, для реализации данного проекта потребуется сооружение следующих основных установок:

- причала для доставки всех необходимых материалов по водоканалу;
- завода по производству бетонных контейнеров;
- комплекса, состоящего из завода по производству монолитов и установки, где отходы будут инкапсулированы в монолиты;
- модулей пункта захоронения;
- вспомогательных сооружений (административные здания, зоны хранения, хозяйственные постройки и т.п.).

Согласно текущим планам в Десселе будет изготавливаться и захораниваться около 1 000 монолитов в год.

2. В целях информирования населения и обеспечения прозрачности процесса принятия решений по проекту создан Центр по связям с общественностью. Реализация этого проекта состоит из трех основных элементов:

- создание центра для приема посетителей, куда местные жители могут обращаться по всем вопросам, связанным с проектом захоронения КЖ НАО и САО, а также с ядерными установками, размещенными в этом регионе;



- создание цифровой интерактивной сети, благодаря которой местные жители смогут дистанционно получать всю интересующую информацию (телевидение, интернет-сайты);
- создание тематического парка (туристический и образовательный центр), благодаря которому любой желающий сможет узнать больше о практике обращения с РАО.

3. Создание финансового фонда для местных общин, средства из которого будут расходоваться на реализацию социальных, культурных и иных проектов, призванных улучшить качество жизни жителей регионов Моля и Десселя. Согласно исследованиям, проведенным в 2010 году, оптимальный размер данного фонда может составить порядка 90–110 млн евро.

4. Участие местного населения. Интересы местного населения в процессе реализации проекта представляют муниципальные товарищества STORA (в Десселе) и MONA (в Моле).

5. Рациональное планирование местности как с экологической, так и с экономической точек зрения, а также определение наиболее оптимальных путей доставки и транспортировки всех материалов благодаря максимально возможному использованию ресурса искусственного водоканала и сокращению автоперевозок, обуславливающих дополнительные риски.

6. Трудоустройство и сохранение знаний. Выгоды, получаемые местными общинами от создания пункта захоронения, также обусловлены созданием новых рабочих мест на этапе строительства и эксплуатации установки. Кроме того, реализация программы захоронения позволит местным специалистам получить уникальный опыт в области обращения с РАО. В целях развития и сохранения полученных знаний ONDRAF/NIRAS планирует создать образовательный центр, где бы производилась подготовка квалифицированных специалистов в области радиологической защиты и обращения с РАО.

7. Обеспечение безопасности, сохранение качества окружающей среды и здоровья населения. ONDRAF/NIRAS совместно с ведущими национальными и зарубежными исследовательскими центрами и специализированными научными организациями проводит целый ряд исследований, посвященных вопросам безопасности захоронения РАО. Их задача – обеспечить основу для более детальной проработки концепции захоронения, оценить проектные характеристики пункта захоронения с точки зрения обеспечения безопасности, а также определить допустимые предельные объемы захоронения долгоживущих радиоактивных веществ, на основе которых затем будут установлены соответствующие критерии приемлемости.

ONDRAF/NIRAS также осуществляет разработку программы мониторинга пункта захоронения и прилегающих к площадке территорий в соответствии с требованиями национального законодательства. Помимо программы мониторинга ONDRAF/NIRAS занимается разработкой плана действий в чрезвычайных ситуациях, содержащего перечень основных рисков, обуславливаемых захоронением РАО на площадке, а также соответствующие стратегии, планы мероприятий и порядок их выполнения, инструкции по оказанию помощи и минимизации последствий аварий на установке. Кроме того, агентство ответственно за создание программы по контролю состояния здоровья жителей Моля и Десселя. На данный момент реализуется пилотный проект, который позволит установить приемлемость использования метода био-мониторинга в рамках данного проекта по захоронению РАО.

Как уже отмечалось ранее, первая попытка найти площадку для размещения пункта захоронения окончилась неудачей, и в 1998 году Правительством был утвержден новый подход, основной акцент в котором ставился на привлечение местного населения. В его основу легли следующие принципы [6, 7]:

- 1) добровольность участия муниципалитетов в процессе выбора площадки;
- 2) обязательное участие местных жителей в процессе принятия решений и разработке проекта захоронения;
- 3) разработка проекта пункта захоронения под определенную площадку;
- 4) разработка интегрированного проекта захоронения.

Рассмотрим эти принципы более подробно. Суть первого принципа заключается в том, что муниципалитеты-кандидаты принимают участие в проекте на добровольной основе и должны самостоятельно заявить о своем желании участвовать в процессе и готовности к проведению исследований и обсуждений возможности размещения подобного объекта. Такое решение должно быть принято местным муниципальным советом. При этом местные жители должны понимать, что они соглашаются только на проведение исследований и обсуждений, а не на обязательное строительство установки в этом регионе. Таким образом, муниципалитеты де факто получили право вето, которое тем не менее законодательно так и не было закреплено.



При этом ONDRAF/NIRAS решило сконцентрировать свои усилия на привлечении к участию в процессе лишь тех муниципалитетов, на территории которых уже имелись ядерные установки. В результате заинтересованность в проекте выразили три муниципалитета, каждый из которых учредил собственные муниципальные товарищества, которые в свою очередь и позволили реализовать второй принцип подхода. В сентябре 1999 года в муниципалитете Дессель было создано товарищество STORA, в феврале 2000 года – товарищество MONA в муниципалитете Моль, а в феврале 2003 года возникло товарищество PaLoFF, представляющее интересы муниципалитетов Флерюс и Фарсиенн.

Наиболее очевидным мотивом, по которому муниципалитеты Моль и Дессель выставили свои кандидатуры для участия в исследованиях, стало присутствие в регионе целого ряда ядерных объектов: пункта временного хранения, принадлежащего компании Belgoprocess, ядерного исследовательского центра, а также нескольких предприятий, работающих в атомной отрасли и занимающихся такими видами деятельности, как вывод из эксплуатации ядерных установок, обработка и хранение РАО (как НАО и САО, так и ВАО), производство ТВЭЛов, дезактивация радиоактивно загрязненных территорий, упаковка и транспортировка радиоактивных материалов. Результаты исследования общественного мнения, проведенного незадолго до учреждения местных товариществ в Моле и Десселе, показали, что большинство респондентов объясняли свою заинтересованность в проекте именно тем фактом, что широкое распространение предприятий ядерной промышленности в регионе оказывало значительное положительное влияние на экономическое развитие этих муниципалитетов. Между тем, в муниципалитетах Флерюс и Фарсиенн, которые впоследствии отказались от участия в процессе выбора площадки, имелся всего лишь один небольшой ядерный объект – радиоизотопное предприятие IRE. Очевидно, что оно не оказывало значимого воздействия на региональное развитие, поэтому и заинтересованность в проекте у местных жителей была заметно ниже.

Создание местных товариществ в муниципалитетах-кандидатах также позволило привлечь большое количество людей к процессу принятия решений. В эти товарищества помимо местных политиков вошли представители различных региональных организаций (экологических, общественных и т.п.). Для участия в обсуждениях и разработке проекта пункта захоронения и планов по развитию местной инфраструктуры также приглашались и местные жители, не являющиеся представителями каких-либо организаций. Все предложения ONDRAF/NIRAS, касающиеся проекта будущего пункта захоронения, подробно рассматривались членами товариществ, проводились обсуждения, в ходе которых зачастую принимались решения о необходимости более детальных исследований или привлечения независимых экспертов для анализа отдельных вопросов. В рамках местных товариществ были созданы четыре рабочие группы, занимающиеся рассмотрением отдельных задач, которые предстояло решить в ходе разработки проекта: место размещения установки; региональное развитие (потенциальный социально-экономический эффект от размещения установки, в том числе за счет развития местной экономики, туризма, здравоохранения и т.п.); потенциальное влияние установки на здоровье человека и состояние окружающей среды; безопасность и аварийное планирование. В заседаниях таких групп активно участвовали и местные жители [7, 8].

К концу 1990-х гг. подход, которым ONDRAF/NIRAS изначально руководствовалось в выборе площадки для пункта захоронения, претерпел существенные изменения: вместо поиска оптимальной площадки под заранее разработанный проект «идеальной» с технической точки зрения установки, было решено искать потенциально пригодную для строительства пункта захоронения площадку (с учетом социально-политических, научных и технических факторов), а затем «под нее» проектировать конкретную установку, основываясь на общей концепции захоронения и физических характеристиках.

Последний четвертый принцип заключается в формировании интегрированного проекта. Под интегрированным проектом понималась такая программа по созданию пункта захоронения, которая предусматривала бы решение не только стоящей перед государством проблемы – обеспечить безопасность долгосрочного обращения с короткоживущими НАО и САО – но и позволила бы увеличить благосостояние муниципалитета, согласившегося на строительство такого объекта.

Таким образом, стремясь достичь общественного одобрения, ONDRAF/NIRAS коренным образом изменило процедуру привлечения местного населения к процессу принятия решений, что позволило добиться значительного прогресса в решении вопроса о долгосрочном обращении с короткоживущими НАО.



Захоронение РАО категорий В и С

РАО категорий В и С планируется захоранивать в глубинных геологических формациях. Уже в течение 30 лет осуществимость данной концепции изучается в подземной лаборатории Hades, расположенной в регионе Моль-Дессель на глубине 225 м («бумская» глина). Основные этапы реализации бельгийского проекта по созданию пункта геологического захоронения долгоживущих НАО/САО и ВАО (рис. 2.7) представлены в табл. 2.2.

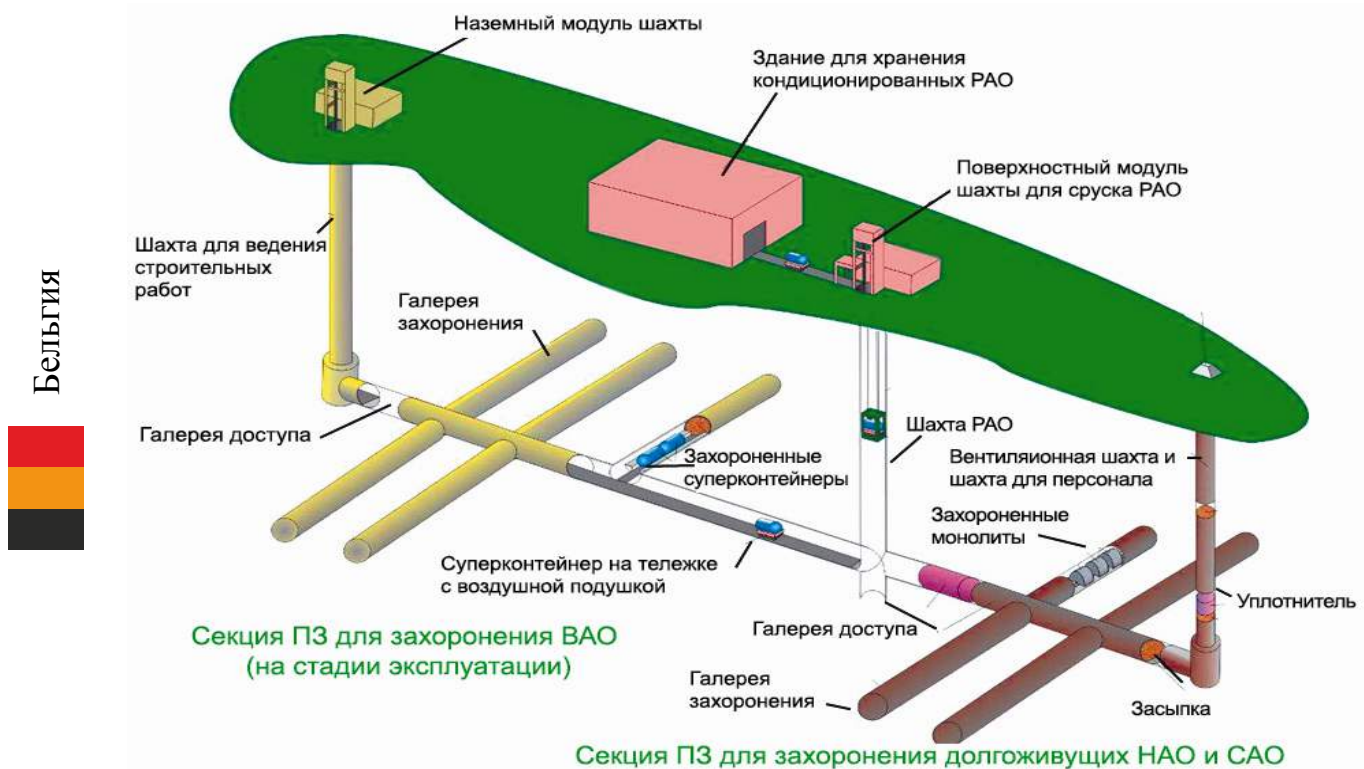


Рис. 2.7. Проект бельгийского пункта захоронения ДЖ НАО/САО и ВАО, разработанный компанией Bel V

Табл. 2.2. Этапы реализации проекта создания пункта глубинного захоронения в Бельгии

1974–1980 гг.	Реализация программы НИОКР по изучению возможности захоронения ОЯТ и РАО в глинах (SCK•CEN) (основное внимание уделяется проведению исследований слабо уплотненных бумских глин)
1980–1989гг.	- Сооружение ПИЛ HADES в бумских глинах; - На ONDRAF/NIRAS возложена ответственность за проведение НИОКР; - Первый отчет по оценке безопасности и технической осуществимости проекта (SAFIR).
1990–2000 гг.	- Интенсификация деятельности по изучению возможности захоронения ОЯТ, ставшая следствием введения моратория на переработку ОЯТ; - Второй отчет по оценке безопасности и технической осуществимости проекта (SAFIR2); - Проанализировав результаты экспертизы SAFIR2, NEA официально заявило о том, что «бельгийская программа с научной и технической точек зрения проработана в достаточной степени для начала ее практической реализации». Вместе с тем NEA признало необходимость изучения альтернативных видов геологических пород.
2011–2012 гг.	- ONDRAF/NIRAS разрабатывает План обращения с РАО, согласно которому геологическое захоронение ВАО и/или ДЖ РАО в бумских и ипрских глинах признано наиболее приоритетным вариантом долгосрочного обращения с такими РАО; - План обращения с РАО передается на рассмотрение правительству для принятия на его основании принципиального решения, которое бы однозначно определило политику долгосрочного обращения с ВАО и ДЖ РАО.
2012 г.	FANC официально заявило о поддержке принятия принципиального решения правительством. Вместе с тем агентство признало, что выбор конкретного типа вмещающих геологических формаций пока является преждевременным.
2014 г.	Правительство до сих пор не приняло принципиального решения.
2018 г.	Публикация первого обоснования безопасности и принятие решения о выборе площадки.



2025 г.	Публикация второго обоснования безопасности и принятие решения о подаче заявки на получение лицензии.
2035–2040 гг.	Начало захоронения РАО категории В в бумских глинах
2080 г.	Начало захоронения РАО категории С в бумских глинах

В 2002 г. был опубликован второй промежуточный отчет агентства по оценке безопасности и технической осуществимости проекта создания пункта геологического захоронения в Бельгии (Safety assessment and feasibility interim report 2 - SAFIR 2), в котором были представлены результаты десятилетних исследований (1990–2000 гг.). При разработке отчета бельгийские специалисты преследовали три основные задачи:

- объединить воедино полученные технические и научные данные по захоронению отходов категорий В и С в слабоотвердевшей глинистой формации, что позволило бы оценить перспективы реализации стратегии геологического захоронения с точки зрения ее технической осуществимости и обеспечения безопасности в долгосрочной перспективе;
- согласовать с органами регулирования ядерной безопасности перечень необходимых дополнительных исследований и требований к оценке безопасности, а также разработать методику контроля исполнения регулирующих требований в области геологического захоронения РАО;
- сформировать техническую и научную базу, необходимую для проведения успешного диалога со всеми заинтересованными сторонами, участвующими в процессе принятия решений по проекту.

В целом, SAFIR 2 – это не заявка на получение лицензии на строительство пункта захоронения, а лишь обобщение данных и выводов экспертов о проведенных исследованиях и перспективах глубинного захоронения РАО. Таким образом, отчет SAFIR 2 был призван помочь специалистам в дальнейшей проработке технических вопросов и выявлении насущных потребностей в области НИОКР.

В рамках бельгийского проекта пункта геологического захоронения ВАО и долгоживущих НАО/САО рассматривается два сценария обращения с ОЯТ. Как уже говорилось ранее, в 1993 году в Бельгии был введен мораторий на переработку ОЯТ. К тому моменту на переработку в Ла Аг (Франция) было отправлено 630 тонн ОЯТ (UOX). Восстановленный в результате переработки ОЯТ плутоний был переработан в 66 тон смешанного МОКС-топлива. Также в результате переработки этих 630 тонн ОЯТ было произведено 390 канистр с отходами категории С и 534 канистр с РАО категории В. В целом вместимость будущего пункта захоронения оценивалась на основании двух сценариев. Согласно первому сценарию мораторий на переработку ОЯТ останется в силе. В этом случае вместимость пункта захоронения должна составить:

- РАО категории В: 534 канистры (150 л), содержащие спрессованные оболочки ОТВС и другие структурные элементы;
- РАО категории С: 390 канистр (150 л) остеклованных ВАО;
- РАО категории С: 4 643 тонн уранового оксидного отработавшего топлива;
- РАО категории С: 66 тонн отработавшего МОКС-топлива.

Второй сценарий предполагает снятие моратория и возобновление переработки ОЯТ, в этом случае в пункте захоронения будут размещены:

- - РАО категории В: 4 294 канистр (150 л), содержащих спрессованные оболочки ОТВС и другие структурные элементы;
- - РАО категории С: 3 220 канистр (150 л) с остеклованными ВАО;
- - РАО категории С: 66 тонн отработавшего МОКС-топлива.

Согласно разработанному проекту, установку для захоронения планируется разместить на глубине около 240 м в толще бумских глин. Отходы будут захораниваться в горизонтальных галереях, облицованных сборными бетонными плитами. Сам пункт захоронения состоит из трех секций: одна будет использоваться для захоронения отходов категории С, другая – для удаления исторических отходов категории В, а третья – для окончательной изоляции отходов категории В, образующихся в результате переработки ОЯТ, а также в ходе эксплуатации и ВЭ АЭС и других ядерных установок. В основе концепции захоронения лежат четыре стратегических решения, принятых разработчиками проекта:

- конструкция инженерных барьеров безопасности, устанавливаемых в зоне захоронения тепло-выделяющих отходов, должна обеспечивать полное удержание радионуклидов, по крайней мере – до окончания стадии активного тепловыделения;
- различные категории отходов должны быть захоронены в разных секциях пункта захоронения;



- предпочтительно использование стационарных конструкций, защищающих от испускаемого отходами излучения. Также следует предусмотреть меры, позволяющие свести к минимуму время пребывания персонала под землей;
- предпочтительно использование знаний и технологий, по которым накоплены достаточный опыт и знания.

Эти ограничения нашли свое отражение при проектировании «суперконтейнеров» для захоронения отходов категории С (отработавшее урановое оксидное топливо, отработавшее МОКС топливо, остеклованные ВАО). В рамках «суперконтейнерной» концепции инженерные барьеры безопасности будут состоять из внешней упаковки, изготовленной из углеродистой стали, окруженной бетоном (портландцемент общего назначения). Остальные элементы системы захоронения, такие как засыпка и облицовка галерей, также будут изготавливаться из материалов на основе цемента. Такие конструкции обеспечат полное удержание отходов на протяжении, как минимум, нескольких тысяч лет.

Что касается категории В, то для захоронения таких отходов также планируется использовать материалы на основе цемента, обеспечивающего хорошую экранировку от радиационного излучения и обладающего хорошими сорбционными свойствами. Кроме того, поведение этого материала достаточно хорошо изучено, его легко контролировать и его стоимость невысока. Так отходы категории В планируется помещать в контейнеры из армированного бетона, называемые монолитами (подобные тем, что будут использованы при поверхностном захоронении РАО в Десселе).

Сам пункт захоронения будет состоять из целого ряда галерей, проложенных в толще бумских глин на глубине от 230 до 240 м. Галереи захоронения будут отходить от центральной галереи доступа, проложенной под углом естественного наклона глиняной формации (около 1%) в северо-западном направлении. Центральная галерея, в свою очередь, будет соединена с поверхностью посредством двух шахт.

Захоронение отходов категорий В и С будет производиться в отдельных секциях установки. Упаковки с отходами («суперконтейнеры» или монолиты (рис. 2.8)) одна за другой будут проталкиваться в горизонтальном направлении и размещаться без зазора друг относительно друга. Галереи захоронения представляют собой скважины протяженностью 1000 м, облицованные бетонным сборно-разборными блоками. Из-за того, что бумские глины относятся к категории пластичных глин, использование такой облицовки необходимо в целях предотвращения оплывания стен галерей. При этом толщина слоя засыпки, также изготовленного из цемента, составит порядка 40–50 см в секции захоронения «суперконтейнеров» и около 10 см в секции захоронения монолитов.



Рис. 2.8. Внешний вид «суперконтейнеров» для захоронения ОЯТ и остеклованных ВАО (1, 2), и монолита для захоронения отходов категории В (3)

Расстояние между осями галерей захоронения определялось в зависимости от температурных ограничений. На основании проведенных расчетов было установлено, что в случае захоронения ОЯТ расстояние должно составить около 120 м, остеклованных ВАО – 50 м.

В случае захоронения всего объема ОЯТ в «суперконтейнерах» (без переработки) общая протяженность галерей захоронения должна составить порядка 14,2 км, а в случае переработки ОЯТ протяженность галерей, необходимая для захоронения отходов категории С, сократится до 6,5 км. С учетом объемов образования компактированных отходов от переработки ОЯТ общая протяженность галерей должна составить порядка 16 км (в случае отказа от дальнейшей переработки ОЯТ) и около 8 км (при переработке всего объема ОЯТ).



Следует отметить, что на данный момент бельгийская программа по созданию пункта захоронения ДЖ НАО/САО и ВАО все еще находится на стадии НИОКР, задача которых – доказать техническую и экономическую целесообразность строительства пункта геологического захоронения на территории Бельгии. Переход к следующим этапам (а именно: поиску площадки и получению лицензии на строительство) произойдет только после того, как правительство утвердит политику долгосрочного обращения с ДЖ НАО/САО и ВАО.

2.5. Подземная исследовательская лаборатория HADES

В 1970-х гг. исследовательский центр SCK-CEN составил перечень потенциальных геологических формаций для размещения пункта захоронения кондиционированных ВАО и РАО, содержащих альфа-излучатели. По результатам геофизических исследований было принято решение о строительстве подземной исследовательской лаборатории HADES (High Activity Disposal Experimental Site – Экспериментальная площадка для захоронения высокоактивных РАО).

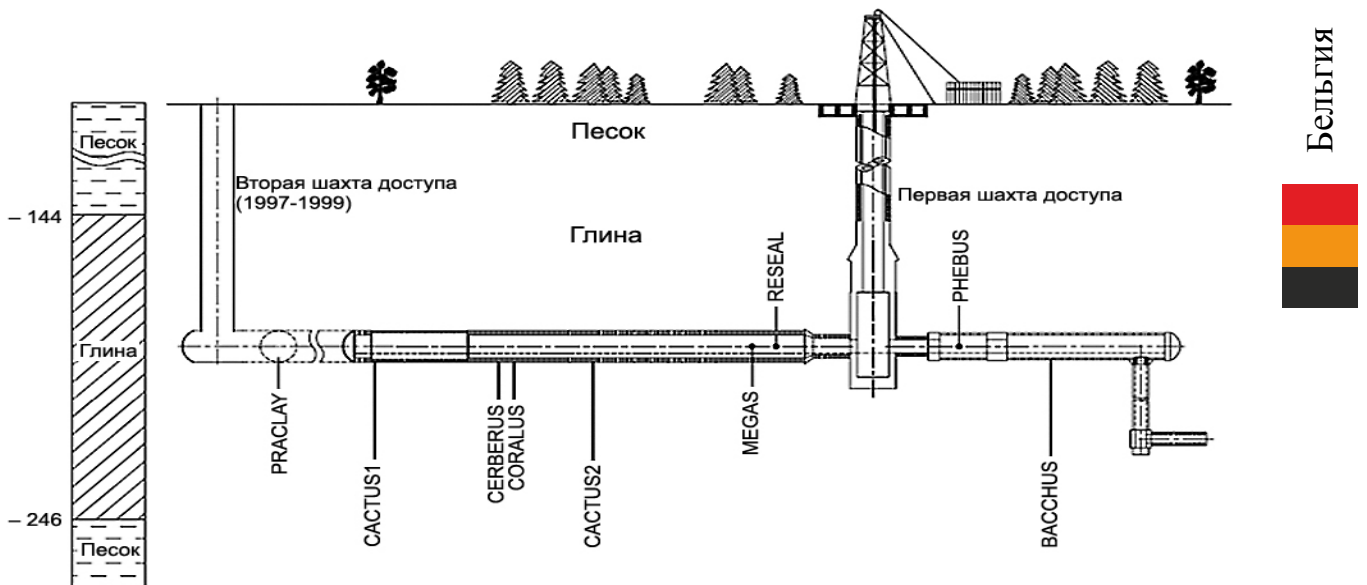


Рис. 2.9. Подземная исследовательская лаборатория HADES

Строительство лаборатории началось в 1980 году в бумских глинах в регионе Моль-Дессель. Глубина заложения составила 220 м. Изначально лаборатория состояла из одной шахты доступа и двух галерей. В 1999 году в рамках проекта PRACTAY была сооружена вторая шахта доступа. Основными направлениями исследований в ПИЛ HADES (рис. 2.9) являются: геологические и гидрогеологические исследования формации; детализация концепции глубинного захоронения; исследования материала засыпки, взаимодействий между отходами и вмещающими породами (в частности, способность минералов глины задерживать радионуклиды); анализ методов захоронения ОЯТ; уточнение и проработка различных сценариев, связанных с захоронением РАО; оценка безопасности и показателей функционирования потенциального пункта захоронения.

Наиболее значимыми испытаниями, проведенными в HADES за последние годы, являются [9]:

- BACCHUS II – исследование эксплуатационных качеств засыпки и демонстрация применения промышленных материалов засыпки на основе глины в реальных условиях (гранулированный материал – смесь высокоплотных гранул и порошка);
- CACTUS («Characterization of Clay under Thermal Loading for Underground Storage» – «Характеризация глиняных формаций геологического пункта захоронения в режиме тепловой нагрузки») – исследование тепло-гидро-механического поведения массива глины в ближнем поле нагревающего элемента;
- MEGAS («Modelling and Experiments on GAS migration in repository host rocks» – «Моделирование процессов миграции газа во вмещающих породах пункта захоронения») – характеристика последствий выделения газа внутри вмещающих пород из глины;
- CLIPEX («Clay Instrumentation Programme for the Extension of an Underground Research Laboratory» – «Программа измерений после проведения работ по расширению ПИЛ») – изучение гидро-механической реакции глиняных формаций на проведение работ по экскавации галереи;



- PHEBUS («Phenomenology of Hydrical Exchanges Between Underground Atmosphere and Storage Host» – «Явления водородного обмена между подземной атмосферой и вмещающими породами») – изучение гидромеханического поведения глубокозалегающих глиняных формаций при уменьшении насыщенности керна;
- RESEAL («Sealing of a Repository for Radioactive Waste in an Argillaceous Host Rock» – «Герметизация пункта захоронения РАО, размещенного в глиняных вмещающих породах») – демонстрация целесообразности и эффективности технологии герметизации в полупромышленных условиях (маломасштабные и крупномасштабные эксперименты, сопровождаемые проведением лабораторных исследований и моделированием);
- CERBERUS – демонстрационное исследование по изучению эффектов, оказываемых в ближней зоне от размещения канистры с ВАО во вмещающих породах из глины (в эксперименте использовался нерадиоактивный тепловыделяющий источник в сочетании с источником, содержащим ^{60}Co);
- CORALUS – исследование процесса растворения альфа-активного стекла в условиях захоронения (глина/бентонит);
- PRACLAY – сооружение глухой горизонтальной шахты (30 м) и исследование термических, механических и гидравлических характеристик пород, а также зоны, нарушенной проведением экскавационных работ. Основной целью проекта Praclay является демонстрация технической и экономической осуществимости проекта глубинного захоронения остеклованных ВАО с высоким тепловыделением в глинистых формациях. Проект стартовал в 1995 г. и продлится до конца 2015 г. Полученные результаты будут использованы для определения диапазонов функционирования различных компонентов системы захоронения и совершенствования проекта.
В рамках проекта Praclay планировалось реализовать следующие задачи:
- продемонстрировать технические и экономические возможности использования промышленных методов выемки грунта при сооружении галерей, аналогичных предусмотренным в разработанном проекте пункта захоронения (отличается только их протяженность);
- разработать проект и провести работы по соединению участка пересечения основной галереи и галереи захоронения;
- провести экскавацию галереи захоронения и выполнить операции по размещению «суперконтейнеров», не заполненных РАО (процессы тепловыделения моделируются за счет электроннагревательных устройств). Используемые материалы и применяемые методы должны быть, насколько возможно, идентичны тем, что представлены в проекте.
- подтвердить допущения, выдвинутые в рамках проекта, и провести их оптимизацию.

Литература к главе 2

1. OECD/NEA, Radioactive Waste Management Programmes in OECD/NEA Member Countries - Belgium. 2013, Organization for Economic Cooperation and Development/Nuclear Energy Agency: Paris, France. p. 24.
2. World Nuclear Association, Storage and Disposal Options, Radioactive Waste Management Appendix 2 (*Updated August 2013*).
3. World Nuclear Association, National Policies Radioactive Waste Management - Appendix 3 (*updated April 2013*).
4. RD-2001 (B) : Royal Decree 20-07-2001.
5. National Report of the Kingdom of Belgium for the Fifth meeting of the Contracting Parties to the Joint Convention on the Safety of Spent Fuel Management and on the Safety of Radioactive Waste Management, October 2014.
6. The cAt project in Dessel, A long-term solution for Belgian category A waste, NIROND 2010-02 E March 2.
7. Stakeholder Involvement in Radioactive Waste Management in Belgium: the Past, the Present and the Challenges for the Future, Anne Bergmans & Annelies Van Steenberge, University of Antwerp, 2005.
8. The management of radioactive waste: A description of ten countries, Rolf Lidskog & Ann-Catrin Andersson, Svensk Kärnbränslehantering AB (SKB).
9. Preparatory Safety Assessment, Conceptual model description of the reference case, EXTERNAL REPORT, SCK•CEN-ER-215, 12/Ewe/P-42, September 2012.
10. The Use of Scientific and Technical Results from Underground Research Laboratory Investigations for the Geological Disposal of Radioactive Waste, IAEA TECHDOC-1243, September 2001.



3. 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, м ³	Масса, т
ВАО	1 080	2 900
САО	286 000	310 000
НАО	1 370 000	1 700 000
ОНАО	2 840 000	2 900 000
Всего	4 490 000	4 900 000

Реестр ОЯТ** (тонны)		
	Реакторные установки	На хранении
Даунрей	32	21
АЭС Магнокс	~ 2 500	~ 180
Селлафилд	-	4 600
EDF Energy	~ 1 700	~ 510
Другие	-	~ 10

Проект по созданию пункта захоронения

Тип захораниваемых отходов	САО/ВАО/ОЯТ
Тип вмещающих пород	не определен
Глубина захоронения, м	не определена
Возможность повторного извлечения отходов	да
Запуск программы НИОКР	начало 1980-х гг.
Начало работ по поиску площадки	начало 1980-х гг.
Текущий статус проекта	поиск площадки, скрининговые исследования
Планируемая дата ввода в эксплуатацию	для САО – 2040 г.; для ВАО/ОЯТ – 2075 г.
Плотность населения в стране (в районе размещения), чел/км ²	203
Право вето у местного населения	да
Денежные выплаты муниципалитетам	да
Программа привлечения местного населения	разработана
Площадка расположена вблизи ядерных объектов	не известно

Подземная исследовательская лаборатория

нет

Организационные аспекты

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)

Основные регулирующие органы

Орган государственного регулирования безопасности в области атомной энергии	ONR — Управление ядерного регулирования (www.onr.org.uk)
Орган государственного регулирования в области охраны окружающей среды	EA — Агентство по охране окружающей среды (www.environment-agency.gov.uk)
	SEPA — Агентство по охране окружающей среды Шотландии*** (www.sepa.org.uk)
	NRW — Агентство по охране природных ресурсов Уэльса (www.naturalresources.wales)

* По состоянию на 01.04.2013

** По состоянию на 01.04.2013

*** В Северной Ирландии нет ядерных установок



АЭС Великобритании вырабатывают около 1/6 всей электроэнергии, производимой в стране. На данный момент действуют 16 реакторов суммарной мощностью 10,1 ГВт. К 2023 году все эти реакторы за исключением одного, реактора PWR Сизвелл Б мощностью 1188 МВт, будут остановлены. В ближайшее время Великобритания планирует строительство сразу нескольких реакторных блоков. Согласно документу «Заявление об основах политики в области атомной энергетики», потребность в электроэнергии к 2025 году в стране возрастет до 60 ГВт, причем за счет возобновляемых источников энергии планируется производить до 35 ГВт электроэнергии, а остальные 25 ГВт – вырабатывать на реакторах третьего поколения, которые к 2030 году будут построены на пяти площадках [1].

Политика Великобритании предполагает переработку производимого в стране ОЯТ. РАО, образовавшиеся от переработки, направляют на хранение: твердые НАО помещают в пункт хранения в Дригге (Камбрия, вблизи Селлафилда), находящийся в эксплуатации с 1959 года, а САО либо направляют на хранение в установки Селлафилда, либо хранят на площадках, где они были произведены.

В 2015 году будут завершены работы по строительству мокрого хранилища ОЯТ Сизвелл 2, способного принять 1 049 тонн урана и рассчитанного на 50 лет эксплуатации. Кроме того, имеются планы по сооружению нового пункта хранения в Харвелле (графство Оксфордшир), рассчитанного на прием 2 500 м³ РАО, которые образуются в результате ВЭ АЭС.

К 2045 году Великобритания планирует перейти на сухое контейнерное хранение ОЯТ и ввести в эксплуатацию автономную установку для хранения ОЯТ (Independent Spent Fuel Storage Installation). В таком виде топливо будет храниться до 2080 года, затем его извлекут и направят на завод по инкапсуляции, после чего, в 2100 году, окончательно изолируют в пункте глубинного геологического захоронения [2].

3.1. Ведомства, ответственные за реализацию проектов захоронения (рис. 3.1)

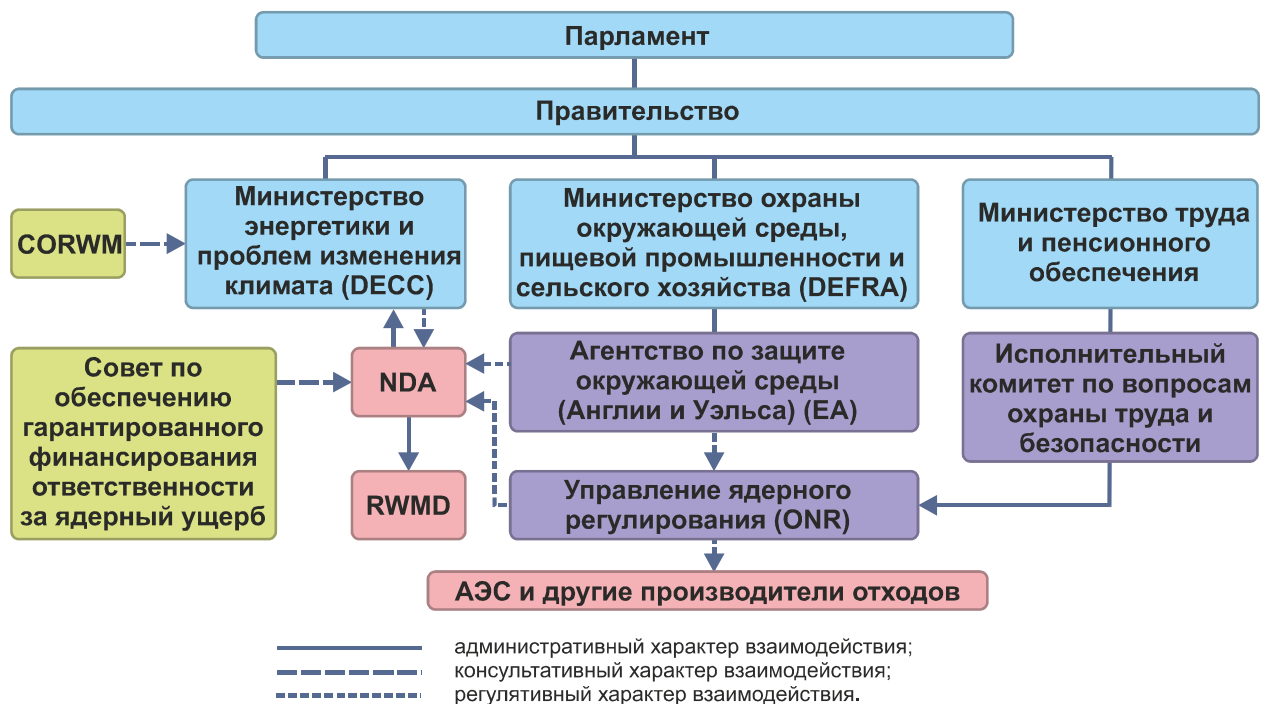


Рис. 3.1. Взаимодействие между различными заинтересованными сторонами в рамках проектов по созданию пунктов захоронения РАО в Великобритании

Министерство энергетики и проблем изменения климата (DECC) является главным государственным органом Великобритании, отвечающим за обращение с радиоактивными отходами и их захоронение. В процессе осуществления возложенной на него миссии DECC тесно сотрудничает с Министерством охраны окружающей среды, пищевой промышленности и сельского хозяйства (DEFRA) и Агентством по защите окружающей среды (EA), оказывающим содействие в планировании и регулировании деятельности по обращению с радиоактивными отходами.



Исполнительный комитет по контролю за радиоактивными отходами ядерной промышленности – ведомство, ответственное за рассмотрение вопросов, связанных с глубинным геологическим захоронением НАО и САО, в контексте безопасности данной концепции для окружающей среды и человека, а также финансового обеспечения работ, было учреждено в 1982 году, а в 1985 году данная организация была трансформирована в акционерную компанию Nirex. Вплоть до 2005 года Nirex находилась в ведении DEFRA, а также Министерства торговли и промышленности. В ноябре 2006 года полномочия Nirex были переданы Управлению по обращению с РАО (RWMD) – одному из подразделений Управления по выводу из эксплуатации ядерных объектов Великобритании (NDA), подчиняющемуся DECC, EA и ONR [3,4]. За обращение с РАО, находящимися в государственной собственности, ответственность несет NDA, чья сфера полномочий охватывает весь круг вопросов в этой области. Находящееся в ведении NDA Управление по обращению с РАО (RWMD) занимается исключительно вопросами поиска площадки для строительства пункта захоронения. Ответственность за обращение с РАО, находящимися в частной собственности, несет компания EDF Energy., эксплуатирующая 15 реакторных блоков на территории 8 АЭС в Великобритании.

Агентство по защите окружающей среды (EA) и Управление ядерного регулирования (ONR) в будущем займутся вопросами регулирования всех видов деятельности, имеющих отношение к геологическому захоронению радиоактивных отходов в Англии. Агентство по защите окружающей среды предоставляет свои рекомендации и пояснения относительно исполнения законодательных норм Правительству, NDA, местным властям и общественности, являясь руководящим государственным органом по защите и улучшению состояния окружающей среды в Англии и Уэльсе. Агентство по охране окружающей среды Шотландии (SEPA) – регулирующий орган в области охраны окружающей среды Шотландии, чья миссия заключается в защите и улучшении состояния окружающей среды.

Управление ядерного регулирования (ONR), находящееся в ведении Исполнительного комитета по вопросам охраны труда и безопасности, было учреждено в апреле 2011 года. Одной из его основных функций является выдача лицензий на ядерную деятельность. Причем выдать лицензию ONR может только после предварительной консультации с EA и SEPA.

CORWM – это консультативный государственный орган, подчиняющийся Министерству энергетики и проблем изменения климата, учрежденный Правительством Великобритании в ноябре 2003 года. CORWM оказывает независимую экспертную поддержку Правительству Великобритании по всем вопросам, связанным с долгосрочным обращением с высокоактивными отходами. Совет состоит из 12 членов – экспертов в различных областях, касающихся вопросов обращения с радиоактивными отходами.

В целом можно выделить две основные схемы финансирования деятельности по обращению с РАО в Великобритании. Первая схема используется для покрытия затрат на обращение с РАО, находящимися в государственной собственности, т.е. отходами, обращение с которыми поручено NDA (в частности, в собственность Управления были переданы РАО, некогда принадлежавшие компаниям BNFL (British Nuclear Fuels) и UKEA (Atomic Energy Authority)). NDA не располагает собственным финансовым фондом, и все затраты покрываются из средств государственного бюджета. Кроме того, дополнительные средства NDA получает от эксплуатации одного Магнокс реактора и двух перерабатывающих заводов (оба завода планируется закрыть в течение ближайших четырех лет). Ежегодные затраты NDA на ВЭ и обращение с РАО составляют порядка 2,4 млрд фунтов стерлингов, 66% из которых уходят на выполнение соответствующих работ в Селлафилде. Следует отметить, что эта сумма составляет практически половину годового бюджета DECC. Согласно оценкам NDA, суммарные затраты на обращение со всеми РАО, находящимися в государственной собственности, могут превысить 100 млрд фунтов.

Обращение с РАО, находящимися в частной собственности (РАО, принадлежащие компании EDF, источником образования которых является эксплуатация 7 реакторов AGR и одного реактора PWR), осуществляется в рамках второй финансовой схемы. Основу данной схемы составляет Фонд ответственности за ядерный ущерб (Nuclear Liabilities Fund, NLF) – трастовый фонд, учрежденный правительством Шотландии, средства которого должны полностью покрыть затраты на ВЭ ядерных установок и обращение с РАО, принадлежащих компании EDF. По состоянию на конец 2013 год, размер фонда составил порядка 8 млрд фунтов. Большая часть средств поступила на счет фонда после сделки между компаниями EDF и British Energy. Кроме того, сама компания EDF ежегодно производит отчисления в фонд: в 2011-2012 гг. в фонд было перечислено 31 млн фунтов стерлингов.



3.2. Классификация РАО

Согласно классификационной системе, принятой в Великобритании, все РАО подразделяются на четыре категории [5]:

- Высокоактивные (ВАО) – это радиоактивные отходы, характеризующиеся высокими уровнями тепловыделения, обусловленными их радиоактивностью, которые необходимо принимать во внимание при проектировании пунктов хранения или захоронения.
- Среднеактивные отходы (САО) – это радиоактивные отходы, уровни радиоактивного излучения от которых превышают пределы, установленные для низкоактивных отходов; между тем, уровни тепловыделения от таких РАО не следует принимать во внимание при проектировании пунктов хранения или захоронения.
- Низкоактивные отходы (НАО) – это радиоактивные отходы, уровень радиоактивного излучения от которых не превышает 4 ГБк/т для альфа-излучателей или 12 ГБк/т для бета- и гамма-излучателей.
- Очень низкоактивные отходы являются подкатегорией НАО и делятся на два класса: ОНАО малого объема и ОНАО большого объема.
- ОНАО малого объема – это радиоактивные отходы, которые можно безопасно захоронить совместно с промышленными, бытовыми или коммунальными отходами при условии, что на каждые 0,1 м³ отходов будет приходиться не более 400 кБк суммарной активности или суммарная активность отдельно взятого загрязненного объекта не превысит 40 кБк*.
- ОНАО большого объема – это радиоактивные отходы, содержащие не более 4 МБк активности на тонну отходов, которые необходимо захоранивать в специализированных пунктах окончательной изоляции. Для отходов, содержащих тритий, удельная активность ³H не должна превышать 40 МБк/т.

3.3. Обращение с РАО

Обращение с НАО

Согласно некоторым оценкам, до 1983 года около 33 000 м³ РАО было захоронено в глубинах океана вдоль береговой линии Великобритании и в Северной Атлантике. В 1993 году правительство Великобритании наложило официальный запрет на практику захоронения РАО в океане.

С 1959 года в стране эксплуатируется приповерхностный пункт захоронения НАО. Установка расположена вблизи населенного пункта Дригг (Камбрия), что в 6 км от Селлафилда, на территории площадью 120 га (рис 3.2). В прошлом на этой площадке находился завод по производству взрывчатых веществ, однако в 1957 году данный участок был передан в ведение Управления атомной энергетики Великобритании (УКАЕА) для строительства пункта захоронения РАО. В 1971 году площадка была передана компании BNFL, а в апреле 2005 года – NDA. На данный момент эксплуатацией установок Дригга занимается компания LLW Repository Ltd под руководством NDA. За более чем 50 лет безопасной эксплуатации практика захоронения НАО в Дригге претерпела существенные изменения с учетом опыта, накопленного в области окончательной изоляции РАО.



1 – въезд на площадку, 2 – конгресс-центр, 3 – территория обитания диких животных и растений, 4 – подъездной рельсовый путь, 5 – административные корпуса, 6 – установка цементирования, 7 – семь траншей захоронения, 8, 9 – две камеры захоронения

Рис. 3.2. Пункт приповерхностного захоронения НАО (Дригг)

* В случае отходов, содержащих ¹⁴C и ³H, на каждые 0,1 м³ РАО должно приходиться не более 4 000 кБк ¹⁴C и ³H, а для отдельно взятого объекта – не более 400 кБк ¹⁴C и ³H.



Установка используется как для захоронения НАО, образующихся на установках атомно-энергетического комплекса, так и НАО, образующихся в результате работы медицинского оборудования и исследовательских установок. Согласно установленным нормам, удельная активность НАО, захораниваемых в Дригге, не должна превышать 4 000 Бк/г для альфа-излучателей и 12 000 Бк/г для гамма- и бета-излучателей. Кроме того, основы политики в области захоронения РАО предусматривают постоянную оптимизацию технологий хранения и захоронения РАО, а также закрытия установок.

В период с 1959 по 1995 гг. в Дригге было захоронено около 800 000 м³ твердых НАО. Эти отходы были размещены в нескольких открытых траншеях, облицованных глиной, которые затем были засыпаны слоем почвы. С 1988 года на смену траншейному захоронению пришла практика окончательной изоляции НАО в бетонных камерах (60×200×5 м). Этот метод захоронения используется в Дригге и по сей день. Бетонные плиты, основания таких камер, устанавливаются на слой уплотненной глины. Система захоронения также предусматривает наличие дренажной системы, позволяющей удалять просочившуюся в установку воду. Отходы, которые, в большинстве своем, состоят из загрязненной бумаги, картона, пластика, защитной одежды, почвы, резины и металла, доставляют на площадку либо по железной дороге, либо по автостраде. По возможности отходы подвергают прессованию, помещают в контейнеры из стали объемом 20 м³ и заливают цементом. Крупногабаритные отходы заливают раствором цемента непосредственно в камерах захоронения. По состоянию на апрель 2010 года в Дригге было захоронено порядка 200 000 м³ НАО, а еще 36 000 м³ было размещено в установках временного хранения.

На этапе закрытия пустоты в камерах захоронения заполняют цементным раствором, а сверху устанавливают 12 слоев покрытия. Такое покрытие не только обеспечит долгосрочную стабильность рельефа, но позволит образующимся в установке газам выходить в окружающую среду, так как их скопление в установке могло бы нарушить целостность верхнего покрытия. Кроме того, на участках захоронения планируется установить модернизированную дренажную систему, позволяющую улавливать и отводить воду, просачивающуюся в установку.

В планах NDA увеличить вместимость пункта захоронения. Так, с 2015 по 2079 гг. планируется построить еще 5 дополнительных камер захоронения. На данный момент по этому вопросу проводятся общественные слушания.

Помимо пункта захоронения в Дригге в Великобритании существует целый ряд объектов, предназначенных для захоронения НАО, источником образования которых не является ядерная промышленность. В начале 2011 года Агентство по охране окружающей среды Великобритании выдало разрешение на захоронение НАО на двух площадках: в Лиллихолле (Камбрия) и Кингслифе (Нортхэмптоншир). В основном сюда поступают большие объемы НАО, образующихся в результате проведения работ по выводу из эксплуатации ядерных установок.

21 апреля 2009 года было получено разрешение на строительство пункта захоронения твердых НАО вблизи реакторной площадки в Даунрее. Работы по сооружению объекта стартовали в ноябре 2011 года, а летом 2014 года в Даунрее открылись первые две камеры пункта захоронения. В ходе проведения строительных работ была произведена выемка 243 тыс. м³ грунта, использовано 7 600 м³ бетона, 1 330 тонн арматуры и 260 т конструкционной стали. Первые контейнеры с кондиционированными РАО поступили в Даунрей в конце 2014 года. После заполнения первой камеры пункта захоронения будет произведена ее заливка цементным раствором до получения монолитной структуры.

Согласно текущим планам, пункт захоронения будет состоять из шести камер и позволит разместить до 175 000 м³ твердых НАО, которые, согласно прогнозам, должны образоваться при проведении работ по ВЭ на площадке. Здесь же будут захораниваться и некоторые исторические НАО, находящиеся на данный момент в Даунрее. В целом по объему НАО представляют собой 80% всех РАО, которые, как ожидается, образуются при проведении демонтажных работ в Даунрее.

Затраты на сооружение первых двух камер пункта захоронения составили порядка 34 млн долларов, при этом ожидаемые общие затраты на обращение с НАО до момента закрытия установки оцениваются на уровне 185 млн долларов.

В середине 2014 года было принято решение о строительстве опытной установки для внутриконтейнерного отверждения РАО на территории национальной лаборатории в Селлафилде. В 2009 году компания Селлафилд Лимитид подписала контракт с американской фирмой Курион на проведение исследований технологии внутриконтейнерного отверждения радиоактивных и химически опасных отходов (Геомелт). Местом проведения испытаний с использованием имитирующих РАО материалов стал полигон Хорн-Рапидс в Ричлэнде (США).



Известно, что в качестве емкостей, в которых будет производиться отверждение отходов, могут использоваться серийно производимые контейнеры и бочки, облицованные жаропрочным материалом. После затвердевания стеклообразной массы емкости с отверженными отходами могут быть сразу транспортированы в пункт захоронения, что приведет к значительному снижению издержек, связанных с захоронением.

Планируется, что опытная установка в Селлафилде будет использована лишь для отверждения смешанных НАО. Однако если эффективность данной технологии будет доказана, то в будущем будет сооружена еще одна более крупная установка или несколько небольших для отверждения САО.

Обращение с САО

Большая часть САО хранится на площадках их образования. При этом согласно данным реестра РАО Великобритании 2010 года 70% всех САО (по объему) размещено в пунктах хранения Селлафилда.

Летом 2014 года в Беркли, где расположены два реакторных магнокс-блока АЭС, закрытой в конце 1980-х, открылась новая установка для промежуточного хранения среднеактивных отходов. Реестр принимаемых САО включает широкий диапазон различных материалов: разрушенные топливные элементы, ионно-обменные смолы, шлам и графит и пр.

В 2010 году был завершен первый этап работ по выводу из эксплуатации АЭС Бэркли, продлившихся 21 год, и произведена консервация обоих реакторных блоков. В течение следующих 65 лет на площадке будет осуществляться ведомственный контроль, после чего обе установки ликвидируют. Создание нового пункта хранения в Беркли позволит уже к 2021 году перевести площадку на следующий этап – этап «ухода и технического обслуживания». После завершения всех работ по ВЭ в новой установке будет размещено в общей сложности около 850 упаковок с САО, где они будут храниться вплоть до ввода в эксплуатацию пункта геологического захоронения РАО.

3.4. Статус проекта по созданию пункта геологического захоронения

Согласно принятой в Великобритании политике, все ВАО в целях снижения остаточного тепловыделения до окончательного захоронения направляют на хранение продолжительностью 50 лет. ВАО, образующиеся в результате переработки ОЯТ, остекловывают и направляют в стальных контейнерах на хранение в Селлафилд. В 2015 году ожидается ввод в эксплуатацию нового сухого контейнерного хранилища ОЯТ на площадке АЭС Сизвелл Б, так как емкость имеющегося мокро-го приреакторного хранилища вскоре будет полностью исчерпана.

В 2007 году NDA учредило Управление по обращению с РАО (RWMD) для разработки проекта глубинного геологического захоронения ВАО и САО (табл. 3.1, рис. 3.3), которое впоследствии также займется строительством и эксплуатацией данного объекта. Прежде чем приступить к разработке концепции захоронения, правительство проводит поиск площадки для размещения установки. Также следует отметить, что по геологическим характеристикам 90% территории Великобритании потенциально пригодна для сооружения подобного объекта[7].

Табл. 3.1. Основные вехи в реализации проекта геологического захоронения в Великобритании

Октябрь 2006 г.	Правительство утверждает стратегию долгосрочного обращения с ВАО, согласно которой «высокоактивные отходы подлежат глубинному захоронению в геологических формациях после предварительной выдержки в пунктах промежуточного хранения в течение 50 лет»
Июнь 2008 г.	Правительство публикует Белую книгу* (правительственный информационный документ) «Обеспечение безопасного обращения с РАО», содержащую описание основных этапов процедуры поиска площадки для сооружения пункта захоронения ВАО. В основе процедуры поиска площадки лежат два основных принципа: принцип добровольного участия муниципалитетов-кандидатов и партнерства с ними.
2008 г.	Муниципальные советы Аллердейла и Коупленда (графство Камбрия), а также Совет графства Камбрия приняли решение об участии в процессе поиска площадки
30 января 2013 г.	Муниципальные советы Аллердейла и Коупленда поддержали решение о дальнейшем участии в исследованиях, а Совет графства Камбрия проголосовал против. Таким образом, по решению Совета графства Камбрия, обладающего более высоким статусом, данный регион был снят с дальнейшего рассмотрения

* Англ. White Paper



Май 2013 г.	Правительство Великобритании запускает программу по сбору информации, необходимой для пересмотра и совершенствования процедуры поиска площадки; проведение консультаций с населением
Июль 2014 г.	Правительство публикует Белую книгу «На пути к созданию пункта геологического захоронения», описывающую основные принципы новой стратегии по привлечению населения к процессу поиска площадки. Согласно этому документу, в целях привлечения населения Правительство Великобритании и разработчик (RWMD) должны провести следующие предварительные работы: геологический скрининг, охватывающий всю территорию страны, позволит собрать воедино имеющуюся информацию и оценить возможность размещения пункта геологического захоронения в различных регионах Англии, Уэльса и Северной Ирландии; в виду того, что создание пункта геологического захоронения является «инфраструктурным проектом национального масштаба», Правительству потребуется разработать официальный документ – «Заявление о национальной политике обращения с ВАО»; работа с квалифицированными специалистами, направленная на доработку и совершенствования навыков совместной работы с населением.

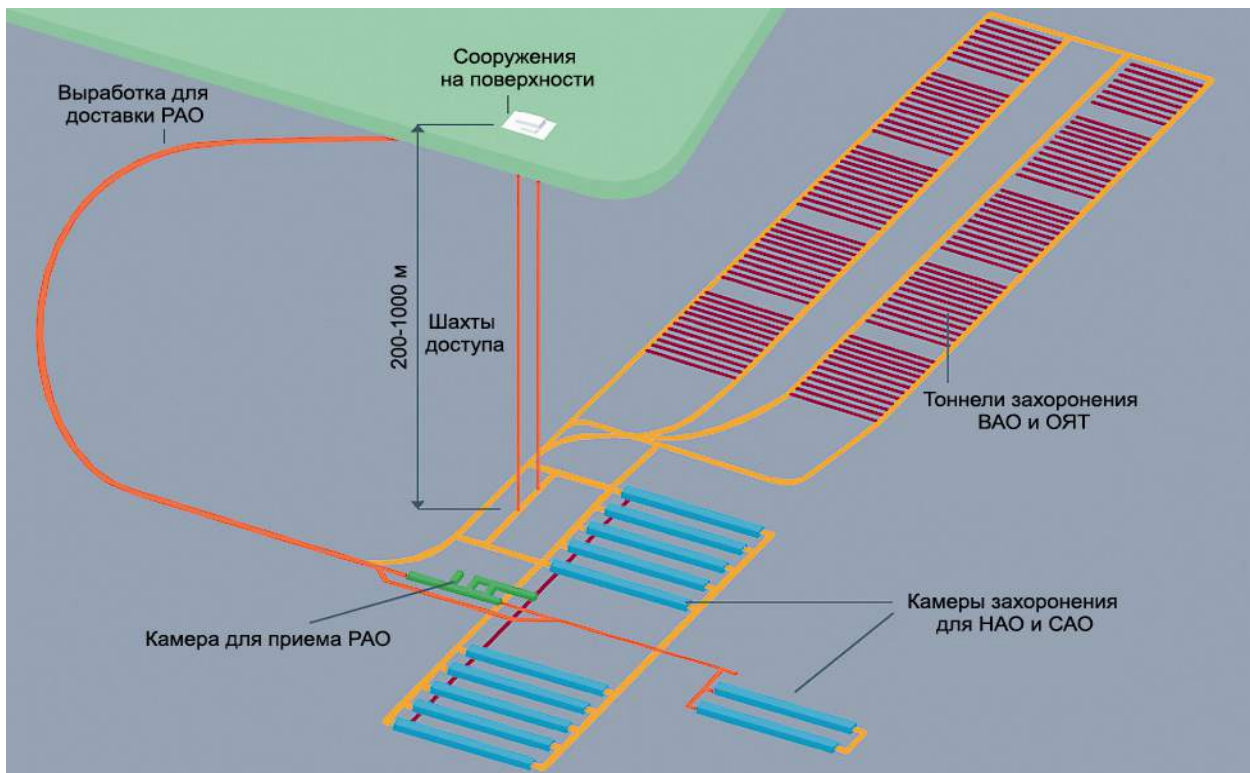


Рис. 3.3. Проект пункта глубинного захоронения в Великобритании

Согласно первоначальным планам, после выявления муниципалитета-добровольца в течение 4 лет были бы проведены все необходимые геологоразведочные работы, затем еще 10 лет ушло бы на проведение исследований на поверхности, и, наконец, еще 15 лет – на исследования под землей, строительство установки и ее ввод в эксплуатацию. NDA надеялось сократить время проведения всех работ на 11 лет и начать эксплуатацию пункта захоронения уже к 2029 году. Однако реализации столь смелых планов помешало полное отсутствие у жителей графства Камбрия желания рассматривать возможность строительства такого объекта. Так в сентябре 2013 года после многолетних дискуссий графство Камбрия, где расположен ядерный комплекс Селлафилд, отказалось от дальнейшего участия в процессе выбора площадки.

В июле 2014 года, спустя полтора года после отказа местных жителей от идеи строительства пункта захоронения в графстве Камбрия, правительство Великобритании опубликовало положения обновленной политики по долгосрочному обращению с ВАО (рис. 3.4), в том числе оговорив планируемые действия в отношении работы с общественностью, направленные на продвижение идеи создания пункта геологического захоронения среди местного населения. Именно принцип добровольности, а также обязательного участия общественности в процессе принятия решений по данному вопросу занял центральное место в рамках всей процедуры поиска площадки для буду-



шего пункта захоронения. Как ожидается, до старта формальной процедуры по поиску площадки у RWMD должно уйти около двух лет на проведение предварительной работы с населением и планирование работ. На текущем этапе до начала формального диалога с заинтересованными в реализации проекта муниципалитетами и оператором местные жители смогут получить более подробную информацию о программе захоронения [8].



Рис. 3.4. Основные этапы реализации проекта ПГЗ согласно обновленным положениям политики по долгосрочному обращению с ВАО

Что касается финансового обеспечения, то каждый муниципалитет получит до 1,7 млн долларов в год за участие на предварительном этапе процесса выбора площадки. При этом данная сумма может увеличиться до 4,2 млн долларов в год в случае согласия муниципалитета на проведение формального диалога с оператором [8].

Согласно текущим оценкам, с момента окончания двухлетнего подготовительного этапа и до окончания всего процесса выбора площадки и начала строительных работ может пройти еще около 15–20 лет [9].

Литература к главе 3

1. OECD/NEA, Radioactive Waste Management Programmes in OECD/NEA Member Countries, UK Profile, Organization for Economic Cooperation and Development/Nuclear Energy Agency 2011.
2. OECD/NEA, Radioactive Waste Management Programmes in OECD/NEA Member Countries, UK Report, Organization for Economic Cooperation and Development/Nuclear Energy Agency 2011.
3. World Nuclear Association, Storage and Disposal Options, Radioactive Waste Management Appendix 2 (Updated August 2013).
4. World Nuclear Association, National Policies Radioactive Waste Management - Appendix 3 (updated April 2013).
5. Radioactive Wastes in the UK: a Summary of the 2013 Inventory, NDA, 2014.
6. The United Kingdom's Fifth National Report on Compliance with the Obligations of the Joint Convention on the Safety of Spent Fuel Management and the Safety of Radioactive Waste Management, Department of Energy and Climate Change, October 2014.
7. Geological Disposal, An Overview of the Generic Disposal System Safety Case, NDA, December 2010.
8. New Approach for Selecting the UK repository site, World Nuclear News, 2014.
9. Implementing Geological Disposal, a Framework for the Long-term Management of Higher Activity Radioactive Waste, Department of Energy and Climate Change, July 2014



4. Венгрия

Стратегия обращения с ОЯТ

Прямое захоронение ОЯТ без предварительной переработки

Реестр ОЯТ и РАО

Категория РАО	Ежегодные объемы образования	Прогнозные объемы накопления с учетом 30-летнего срока службы реакторных блоков, м ³
НАО/САО от эксплуатации АЭС (4 блока)	170 м ³ (компактированные ТРО)	22 000 м ³
	270 м ³ (непереработанные ЖРО)	
ОЯТ с АЭС (4 блока)	380 ОТВС	11 000 ОТВС
РАО, не связанные с работой АЭС	20-30 м ³	-
НАО/САО от ВЭ АЭС	-	17 000 м ³
ВАО от ВЭ АЭС	-	410 м ³

Проекты по созданию пунктов захоронения

Тип захораниваемых отходов	НАО/САО (Bataapati)	ВАО/ОЯТ
Тип вмещающих пород	граниты	глины
Глубина захоронения, м	250	1 000
Возможность повторного извлечения отходов	да	не определено
Запуск программы НИОКР	1977 г.	1992 г.
Начало работ по поиску площадки	1980 г.	1992 г.
Текущий статус проекта	в эксплуатации с 2012 года	НИОКР, направленные на подтверждение пригодности конкретных вмещающих пород
Планируемая дата ввода в эксплуатацию	-	2064 г.
Плотность населения в стране (в районе размещения), чел/км ²	106 (62)	106 (27,17)
Право вето у местного населения	да (де факто, законодательно право вето не закреплено)	
Денежные выплаты муниципалитетам	нет	
Программа привлечения местного населения	разработана	
Площадка расположена вблизи ядерных объектов	нет	нет

Подземная исследовательская лаборатория

Название	PECS
Тип	конкретного назначения
Тип пород	глины
Глубина, м	1 000
Период эксплуатации	1995 – 1999 гг.

Организационные аспекты

Орган государственного управления в области обращения с ОЯТ и РАО	PURAM Открытая акционерная компания с ограниченной ответственностью по обращению с РАО (www.rhk.hu/en)
Организация, ответственная за реализацию проекта по захоронению ОЯТ и РАО (разработка проекта, НИОКР, лицензирование, строительство, эксплуатация)	PURAM

Основные регулирующие органы

Орган государственного регулирования безопасности в области атомной энергии	НАЕА Управление по атомной энергии Венгрии (www.oah.hu)
---	--



Производство атомной энергии в Венгрии ведется с 1983 года, когда на АЭС Пакш был запущен первый реакторный блок ВВЭР-440. К 1987 году на АЭС Пакш работало уже 4 реакторных блока типа ВВЭР, которые сегодня производят около 14,8 ТВт электроэнергии в год, что соответствует 37% от общего объема вырабатываемой в стране электроэнергии. В 2015 году планируется начать строительство еще двух реакторных блоков ВВЭР-1200. Кроме того, в Венгрии действуют два неэнергетических реактора: Будапештский исследовательский реактор на территории Исследовательского института атомной энергии (КFKI) и учебный ядерный реактор Института ядерных технологий Будапештского университета технологий и экономики (рис. 3.1) [1].



Рис. 4.1. Основные ядерные объекты Венгрии

4.1. Ведомства, ответственные за реализацию проектов захоронения

Источником образования большей части радиоактивных отходов в Венгрии является эксплуатация четырех реакторных блоков АЭС Пакш. Национальное управление здравоохранения (NPHMOS), находящееся в ведении Министерства здравоохранения, отвечает за лицензирование и осуществление надзора за деятельностью по поиску площадок, строительству, вводу в эксплуатацию, эксплуатации и закрытию установок по захоронению РАО (рис. 4.2).

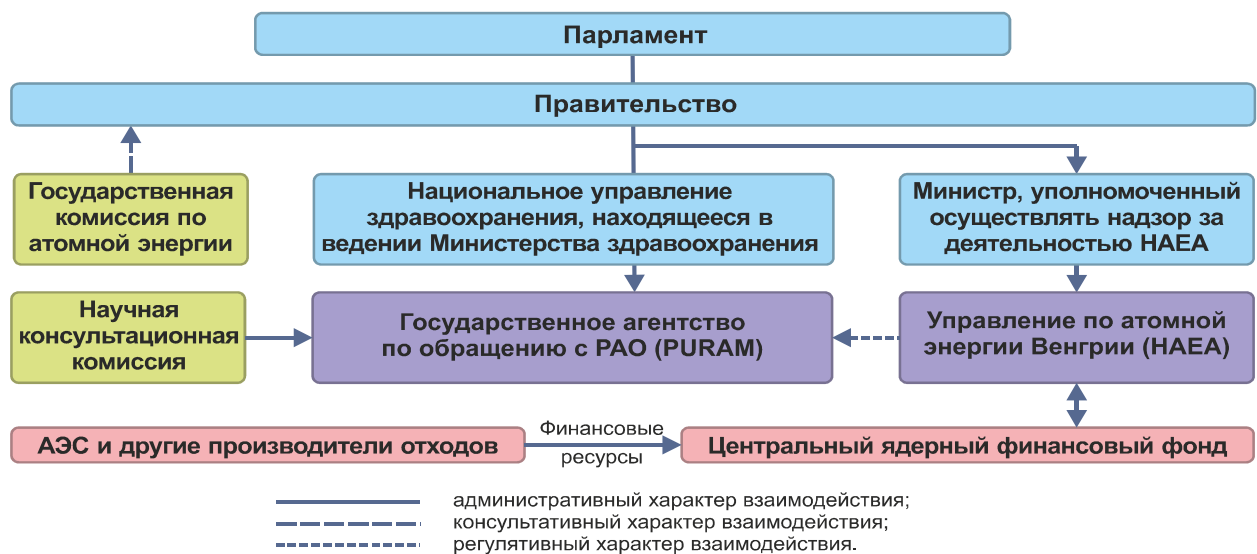


Рис. 4.2. Схема взаимодействия заинтересованных сторон в рамках реализации проектов по захоронению РАО



Управление по атомной энергии Венгрии (НАЕА) осуществляет регулирование и надзор за любой деятельностью, осуществляемой на ядерных установках. НАЕА находится в ведении Министра, специально уполномоченного осуществлять надзор за деятельностью данного управления.

Государственное агентство по обращению с РАО PURAM несет ответственность за обращение с любыми видами радиоактивных отходов в Венгрии, вывод из эксплуатации ядерных установок, а также проведение всех НИОКР в данной области.

На сегодняшний день основная миссия PURAM состоит в реализации трех наиболее приоритетных задач: завершение строительных работ на площадке новой установки для захоронения НАО и САО, увеличение вместимости существующего пункта промежуточного хранения ОЯТ (INSFR), а также осуществление поиска площадки для строительства пункта захоронения долгоживущих НАО/САО и ВАО/ОЯТ.

В рамках реализации последней задачи PURAM несет ответственность за обеспечение прозрачности информации и поддержание открытого диалога с общественностью, а также проведение информационных кампаний в целях укрепления позиций местного населения в рамках процесса принятия решений по вопросу строительства пункта захоронения. Также согласно венгерскому законодательству миссия PURAM состоит в обеспечении безопасного хранения и захоронения радиоактивных отходов, образующихся в результате эксплуатации и вывода из эксплуатации ядерных установок [2, 3].

Любая деятельность по обращению с радиоактивными отходами финансируется из средств Центрального ядерного фонда, учрежденного в январе 1998 года с целью финансирования мероприятий, связанных с хранением и захоронением радиоактивных отходов, а также выводом из эксплуатации ядерных установок. Фонд находится в ведении Министра, специально уполномоченного осуществлять надзор за деятельностью НАЕА, а управление фондом поручено непосредственно Управлению по атомной энергии.

Информированием местного населения по всем вопросам, связанным с созданием пунктов захоронения в Венгрии, и осуществлением общественного надзора за любыми ядерными установками занимаются независимые организации, в состав которых входят мэры муниципальных образований, расположенных непосредственно в районе размещения действующей или проектируемой ядерной установки, а также в ее окрестностях. На данный момент в Венгрии существует четыре таких организации.

4.2. Классификация РАО

Классификационная система Венгрии выделяет несколько категорий РАО [4]:

- НАО и САО – это радиоактивные отходы, уровнем тепловыделения которых в целях проектирования пунктов захоронения (и хранения) можно пренебречь. НАО и САО делятся на две группы: короткоживущие и долгоживущие. Короткоживущие НАО и САО – это НАО и САО, содержащие радионуклиды с периодом полураспада менее 30 лет и ограниченное количество альфа-излучателей (менее 4 000 Бк/г на упаковку и менее 400 Бк/г в среднем на весь объем отходов). Долгоживущие НАО и САО – это НАО и САО, содержащие радионуклиды с периодом полураспада более 30 лет и/или альфа-излучающие радионуклиды в концентрациях, превышающих пределы, установленные для первой группы.
- ВАО – это РАО, уровень тепловыделения которых необходимо учитывать при проектировании и эксплуатации пунктов хранения и захоронения.

Различают категории НАО и САО в зависимости от их удельной активности: в случае НАО удельная активность не должна превышать более чем в 10^3 раз величины удельной активности изъятия ЕАС (т.е. колебаться в диапазоне от 1 ЕАС до 10^3 ЕАС). Соответственно к категории САО следует относить отходы, удельная активность которых превышает 10^3 ЕАС. Если в составе отходов, находятся несколько радионуклидов, то в целях категоризации РАО используют специальные формулы. Так, к НАО относят отходы, если $\sum_i \frac{AC_i}{EAC_i} \leq 10^3$, где AC_i – удельная активность i -ого

изотопа, EAC_i – удельная активность изъятия i -ого изотопа. К САО относят радиоактивные отходы, в случае если $\sum_i \frac{AC_i}{EAC_i} > 10^3$.



4.3. Обращение с РАО и ОЯТ

Промежуточное хранение ОЯТ в течение 5 лет осуществляется в приреакторных бассейнах АЭС Пакш, а затем ОЯТ на 50 лет помещают в пункт сухого промежуточного хранения (ISNFR), расположенный неподалеку от станции. Первый этап строительных работ на площадке, включавший сооружение здания по приемке РАО и первых трех модулей хранилища, был завершен в 1996 году, а ввод объекта в эксплуатацию состоялся в 1997 году. К 2012 году установка состояла уже из 20 модулей, способных принять на хранение 9 308 ОТВС. Работы по расширению пункта хранения продолжаются. Всего планируется соорудить 36 модулей, в которых планируется разместить все ОЯТ (17 728 ОТВС, содержащих порядка 2 100 т тяжелого металла), которое, согласно прогнозам, образуется до конца срока службы АЭС Пакш (2037 год) [6]. По состоянию на конец 2013 года в бассейнах выдержки АЭС находилось 1 751 ОТВС и еще 7 684 ОТВС – в пункте сухого промежуточного хранения.

Захоронение короткоживущих НАО и САО

Оператор АЭС Пакш Paks Atomerőmű Zrt. осуществляет обращение с твердыми и жидкими НАО и САО, реализуя их сбор, обработку, упаковку, категорирование и хранение на приреакторной площадке, а PURAM несет ответственность за их транспортировку и захоронение в пункте захоронения НАО и САО Bábaarátí, открытом в 2012 году. До этого НАО и САО захоранивались в установке по переработке и захоронению РАО Püspökszilágy, находившейся в эксплуатации с 1977 года, а еще раньше в пункте захоронения Солимар.

Первый в истории страны пункт захоронения РАО Солимар был открыт в 1960-е гг. и располагался всего в 10 км к северо-западу от Будапешта. В то время для выбора площадки не было установлено никаких систематизированных требований, как, впрочем, и не было проведено работ по характеристике самой площадки. Впоследствии процедура учета объемов и активности захораниваемых отходов так и не была отработана. Известно только, что на захоронение в Солимаре принимались отходы из медицинских учреждений и исследовательских институтов (например, ЗРИ). Позже было установлено, что в Солимар поступили некоторые количества долгоживущих отходов, загрязненных альфа- и бета-излучателями. В итоге неблагоприятные геологические условия и использование достаточно примитивной технологии захоронения (вертикальные шахты без изоляции и закупорки) побудили регулятора принять решение о выводе объекта из эксплуатации и его ликвидации. Отходы, извлеченные из Солимара, было решено разместить в новом пункте захоронения.

Работы по поиску площадки для нового пункта захоронения НАО и САО стартовали в 1970 году. После проведения регионального скрининга и первой государственной экспертизы было отобрано пять наиболее предпочтительных регионов, которые предстояло сопоставить по ряду геологических, гидрогеологических, экономических и социальных параметров. В результате четыре площадки были отвергнуты. На следующем этапе работы по характеристике были проведены на трех площадках – одной, отобранной в ходе предыдущего этапа исследований, и двух новых. Площадка Püspökszilágy, выбранная в итоге для строительства объекта, оказалась лишь на втором месте по предпочтительности с точки зрения геологических условий. Однако именно в этой местности отмечался наиболее высокий уровень заинтересованности местного населения в реализации проекта.

Пункт окончательной изоляции РАО Püspökszilágy был открыт в 1976 году. В 1980 году завершились работы по ВЭ пункта захоронения Солимар, а РАО транспортированы в новый пункт захоронения – это был первый случай перезахоронения РАО в Европе. В течение первых десяти лет в установке захоранивалось от 67 до 490 м³ ТРО в год. Причем наибольшие объемы захоронения пришлось на период перезахоронения РАО из Солимара. С 1983 года в пункт захоронения Püspökszilágy стали направлять отходы с АЭС Пакш (от 15 до 470 м³ ТРО в год). К 1998 году свободный объем установки составлял всего 150 м³.

Концепция приповерхностного захоронения в Püspökszilágy предусматривала окончательную изоляцию РАО в двух видах установок – бетонированных траншеях и неглубоких скважинах:

- система типа «А», предназначенная для захоронения РАО, состояла из 48 секций, сооруженных в 1980-е гг., каждая объемом 70 м³, и нескольких секций, сооруженных позже (6 секций по 140 м³ и 12 секций по 70 м³). На данный момент большая часть секций засыпана лишь частично, поверх двух секций установлено временное покрытие из почво-грунта. Окончательное покрытие





- тие планируется установить после завершения всех работ по повышению уровня безопасности системы захоронения. К 2004 году свободная емкость всех секций в зоне «А» была исчерпана;
- система типа «В», используемая для хранения РАО, состояла из 16 скважин диаметром 40 мм и 16 скважин диаметром 100 мм глубиной 6 м с облицовкой из нержавеющей стали. Сами скважины были пробурены внутри монолитной бетонной структуры;
 - система типа «С», используемая для хранения органических растворителей, состояла из 8 секций каждая объемом 1,5 м³;
 - система типа «D», используемая для хранения РАО, состояла из 4 скважин глубиной 6 м, диаметром 200 мм, облицованных нержавеющей сталью.

Перед захоронением ТРО упаковывали либо в бочки либо в пластиковые мешки, жидкие и биологические отходы размещали в бочках или канистрах, ЗРИ помещали в экранированные контейнеры. ТРО, доставляемые на площадку в пластиковых мешках, переупаковывали в бочки. Жидкие отходы иммобилизовали с помощью сланца или цемента. На ранних этапах в бочки с биологическими отходами заливали битум, а затем для этих целей стали использовать цементный раствор.

К настоящему моменту в Püspökszilágy захоронено около 4 900 м³ НАО и САО суммарной активностью 1,4·10¹⁴ Бк, на хранении находятся 175 м³ отходов суммарной активностью 2,4·10¹⁴ Бк.

С самого начала эксплуатации пункта захоронения Püspökszilágy стало ясно, что его емкости не хватит для захоронения всего объема короткоживущих НАО и САО, которые согласно прогнозам должны были образоваться в будущем. Поэтому в 1977 году Министерство промышленности обратилось к Венгерской академии наук с просьбой оказать содействие в поиске площадки для строительства еще одного пункта захоронения короткоживущих НАО и САО. Специально учрежденная для этих целей комиссия Академии наук предложила четыре площадки (Magyaregregy, Bataszek, Ofalu и Pusprokszilagy) для проведения более детальных исследований возможности размещения одного из трех типов пунктов захоронения – приповерхностного, тоннельного или геологического.

В 1980 году оператор АЭС Пакш признал площадку Magyaregregy наиболее приоритетной с точки зрения проведения исследований и потенциальной возможности строительства установки. Однако исследования на этой площадке так и не были продолжены ввиду того, что местный муниципальный совет отказался от дальнейшего участия в проекте.

Тогда в 1983 году оператор АЭС решил перейти к рассмотрению следующей площадки Ofalu – кандидата для сооружения пункта приповерхностного захоронения. Несмотря на недовольство местных жителей и заявлений независимых экспертов о том, что данный регион находится в сейсмоопасной зоне, местный совет в 1985 году выдал разрешение на проведение предварительных исследований площадки продолжительностью в два года. Между тем недовольство местных жителей продолжало нарастать, и в 1988 году в муниципалитете Vaganya был создан специальный общественный комитет, благодаря усилиям которого была учреждена рабочая группа независимых экспертов. Рабочая группа проверила результаты проведенных ранее геологических исследований, выполнила анализ национального законодательства и международных руководящих принципов в области обращения с РАО.

Согласно заключению рабочей группы площадка Ofalu оказалась непригодной для сооружения пункта захоронения. В результате местный совет отказал оператору АЭС в предоставлении разрешения на землепользование, и процесс лицензирования установки был остановлен. В 1989 году оператор обратился в суд с намерением оспорить это решение. Однако Правительство в виду приближающихся выборов и все растущего общественного недовольства отказало оператору в проведении дальнейших исследований на площадке Ofalu.

Выборы 1990 года в Венгрии и их результаты привели не только к смене правительства, но и к смене самой политической системы. Начался процесс системной трансформации в политической и экономической областях. В 1993 году была запущена новая Национальная программа по обращению с радиоактивными отходами, среди главных задач которой значилось создание пункта окончательной изоляции НАО и САО. Первый этап Национальной программы предусматривал выявление площадки-кандидата для строительства пункта захоронения. Процесс поиска площадки был разделен на три последовательных этапа:

- проведение скрининговых исследований;
- выбор потенциальных регионов для сооружения пункта захоронения;
- выбор площадки-кандидата.



На первом этапе, на основании скрининговых исследований, охвативших всю территорию страны, было выявлено два региона для проведения более подробных исследований с 32-мя потенциальными площадками для строительства пункта геологического захоронения и 49-ю потенциальными площадками для сооружения пункта приповерхностного захоронения.

На втором этапе были проведены исследования общественного мнения. Затем на основании сопоставления площадок по трем основным критериям: геологические характеристики, технико-экономическая целесообразность сооружения объекта и социальная приемлемость, были определены три площадки-кандидата для размещения приповерхностного пункта захоронения в лесовых грунтах (Diosbereny, Nemetker и Udvari) и три площадки-кандидата для сооружения пункта геологического захоронения в гранитах (Bataapati, Moragy и Sarszentlőrinc). Причем при сопоставлении площадок по трем критериям именно критерий социальной приемлемости имел наибольший вес. Кроме того, следует отметить, что все данные о процессе сравнения площадок были опубликованы.

На третьем этапе была определена единственная площадка для сооружения пункта геологического захоронения. Для этого оператор АЭС Пакш подписал договор о сотрудничестве с шестью муниципалитетами, а в 1996 году началось картировочное бурение в муниципалитетах Bataapati, Diosbereny и Udvari. В 1997 году венгерский регулятор принял решение о проведении детализированных исследований в окрестностях площадки Bataapati, где на глубине 250 м планировалось разместить пункт геологического захоронения.

В 1997 году была учреждена Общественная ассоциация по информированию и надзору, призванная информировать жителей населенных пунктов, расположенных вблизи площадки Bataapati, о проекте сооружения установки и процессе обращения с РАО, осуществлять надзор за работами на площадке, а с 2005 года и участвовать в разработке проекта пункта захоронения. В целях повышения информированности населения о проекте была проведена масштабная информационная кампания, включавшая создание информационного центра в Bataapati, публикацию новостных бюллетеней, печатных материалов, организацию передвижных выставок, выездных туров на площадку и многое другое (табл. 4.1).

Венгрия



Табл. 4.1. Стратегия, задачи и средства повышения социальной приемлемости проекта

	Предварительная информационная программа	Региональная информационная программа	Локальная информационная программа
Стратегия	Привлечь потенциальные муниципалитеты	Способствовать добровольному выдвижению муниципалитетов-кандидатов	Способствовать установлению долгосрочных отношений с муниципалитетами
Задачи	<ul style="list-style-type: none"> - выявить предмет общественной озабоченности; - развенчать ложные представления; - разработать стратегию информирования и привлечения общественности. 	<ul style="list-style-type: none"> - завоевать и укрепить доверие общественности; - бороться с необоснованными страхами 	<ul style="list-style-type: none"> - поддерживать заинтересованность и уверенность местных жителей; - поддерживать доверие общественности к проекту; - привлекать местное население к участию в реализации проекта
Средства	<ul style="list-style-type: none"> - национальные СМИ; - всеобъемлющая информационная программа 	<ul style="list-style-type: none"> - региональная пресса; - проведение обсуждений с местным населением; - информирование лиц, принимающих решения на местном уровне 	<ul style="list-style-type: none"> - местная пресса; - встречи с местными жителями; - рассылка информационных писем; - распространение информации Общественной ассоциацией

В 2003 году после четырех лет геологических изысканий Венгерская геологическая служба вынесла окончательное решение, согласно которому с геологической точки зрения данная площадка полностью подходила для сооружения пункта захоронения. В 2005 году состоялся референдум, на котором при явке 75% абсолютное большинство местных жителей (91%) проголосовало за строительство пункта захоронения в данной местности. После чего проект был одобрен парламентом, а к октябрю 2008 года был завершен первый этап строительных работ по возведению наземных установок и сооружений стоимостью 150 млн евро. Затем началась проходка подземных вы-



работок на глубине 200–250 м. К декабрю 2012 года пункт захоронения вместимостью 40 000 м³ РАО был введен в эксплуатацию (рис. 4.3, табл. 4.2-4.4) [5].



Рис. 4.3. Пункт геологического захоронения КЖ НАО и САО (технологическое помещение)

Венгрия



Табл. 4.2. Этапы создания пункта захоронения НАО и САО в Венгрии

1993 г.	Запуск Национальной программы, направленной на решение проблемы окончательного захоронения НАО и САО
1996 г.	Решение о проведении исследований с целью определения возможности сооружения пункта геологического захоронения в гранитах на площадке Bátaapáti
1997-1998 гг.	Проведение исследований
1999 г.	Результаты исследований подтверждены в ходе миссии МАГАТЭ (IAEA WATRP Mission), рекомендовавшей данную площадку для дальнейших исследований
2000 г.	Сбор имеющихся данных и подготовка предварительной оценки безопасности, необходимой для проведения дальнейших изысканий на площадке
2001–2003 гг.	Детальные геологические и гидрогеологические исследования на поверхности и подготовка оценки безопасности. Ведомство, уполномоченное в сфере геологии, подтверждает пригодность площадки
2004–2006 гг.	Программа дальнейших исследований (бурение двух наклонных шахтных стволов в целях определения точного места размещения установки для захоронения) утверждена Министерством здравоохранения в декабре 2004 года
2005 г.	На референдуме абсолютное большинство местных жителей поддержало идею строительства пункта захоронения, после чего Парламент принял «Принципиальное решение» о строительстве объекта
2006 г.	В соответствии с Указом Правительства 257-2006 (XII.15.), проект создания пункта захоронения был признан приоритетным в рамках прохождения процедуры лицензирования и юридического оформления установки
2007 г.	Регулятор приступил к рассмотрению заявки на строительство пункта захоронения (8 ноября)
2008 г.	- Получение лицензии на строительство (май 2008 г.) и лицензии на эксплуатацию наземных сооружений (октябрь 2008 г., разрешено временное хранение РАО в технологическом здании); - Первый контейнер с РАО доставлен на площадку
2012 г.	Завершение работ по строительству наземных установок и сооружений
Сентябрь 2012 г.	Получение лицензии на эксплуатацию подземной части установки
Декабрь 2012 г.	Захоронение первого контейнера с РАО

Табл. 4.3. Объемы и активность РАО в ПЗ Bátaapáti (по состоянию на 31 декабря 2013 года)

	Суммарный объем, м ³	Суммарная активность, Бк
Технологическое здание	490	7,51·10 ¹⁰
Шахта захоронения (I-K1)	305	6,88·10 ¹⁰



Табл. 4.4. Объемы РАО, которые планируется захоронить в ПЗ Bataarati до окончания срока эксплуатации АЭС Пакш (31 декабря 2037 года)

	Суммарный объем, м ³	Суммарная активность, Бк
Армированные контейнеры из бетона	875	7,00·10 ¹⁰
Бочки объемом 200л	971	3,00·10 ¹¹
Упаковки с компактированными отходами	11 100	1,30·10 ¹³
Крупногабаритные РАО	800	Нет данных
Цементированные ионно-обменные смолы	1 390	5,60·10 ¹⁴
РАО от демонтажных работ	6 635	Нет данных
ВСЕГО	21 770	-

На данный момент Bataarati принимает на захоронение отходы, большая часть которых образуется в результате эксплуатации АЭС Пакш. В основном это средства индивидуальной защиты, загрязненные элементы оборудования и инструменты, воздушные фильтры. Еще на территории АЭС эти отходы помещают в 200-литровые бочки и хранят на площадке в твердой форме. Остальная часть приходится на технологические отходы. Такие ЖРО подвергают очистке. Осадок от выпаривания и отработанные ионно-обменные смолы некоторое время хранят на территории реакторной площадки, а затем производят их кондиционирование, и уже в твердой форме передают на захоронение (рис 4.4). Бочки с РАО транспортируют на площадку пункта захоронения Bataarati, приемочное отделение которого способно одновременно разместить около 3000 бочек. Первые 3000 бочек с отходами были доставлены на площадку в период 2008–2011 гг. Захоронение отходов, принятых в этот период, началось в 2012 году, благодаря чему установка снова может принимать новые поставки РАО с АЭС. После проведения оценки качества бочки помещают в контейнеры из бетона. В таком виде отходы захоранивают на глубине 250 м в толще гранита. Первая очередь пункта захоронения, открытая в декабре 2012 года, способна принять на захоронение 510 контейнеров с РАО (около 4 600 бочек). В дальнейшем вместимость установки будет увеличена, и она сможет принять на окончательное захоронение весь объем РАО, которые, согласно прогнозам, образуются за весь срок эксплуатации как уже работающих блоков АЭС, так и тех, что только планируется построить. Кроме того, в Bataarati будут направлены отходы от проведения работ по выводу из эксплуатации АЭС.

Венгрия

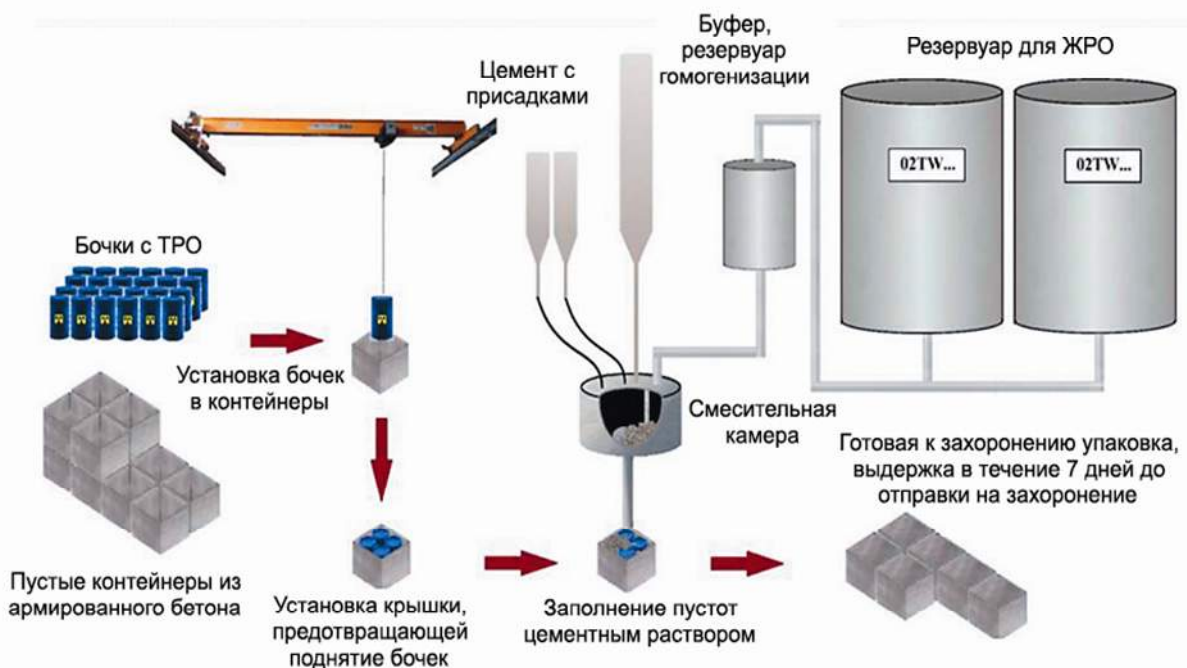


Рис. 4.4. Обращение с РАО на площадке АЭС перед их транспортировкой в пункт захоронения Bataarati



4.4. Статус проекта по созданию пункта захоронения для ДЖ НАО/САО, ВАО и ОЯТ

В 1992 году оператор АЭС Пакш приступил к проведению предварительных геологических исследований формации алевролита в муниципалитете Баранья с целью изучения возможности размещения в этой местности пункта геологического захоронения ВАО. В 1996–1998 годах были проведены новые исследования, по результатам которых в качестве потенциального участка для сооружения пункта захоронения была выбрана площадка урановой шахты глубиной 1100 м, расположенной в цехштейновых аргиллитах. В 1998 году результаты исследовательской программы подтвердили возможность строительства пункта захоронения в этой местности.

В 1998 году к власти в Венгрии пришло новое правительство, которое приняло решение о прекращении всей исследовательской деятельности в регионе. В 1999 году после истощения запасов урана шахта была закрыта, а исследовательская программа возобновлена лишь в 2003 году – ее первоочередной задачей стал поиск участка внутри шахты для сооружения подземной исследовательской лаборатории. Вскоре после этого исследовательская программа была приостановлена на неопределенный срок ввиду недостатка финансирования.

Следует отметить, что в течение всего времени проведения исследований оператор в лице учрежденных им местных общественных информационных ассоциаций проводил активную работу с населением. Кроме того, правительство выступило с официальным заявлением о том, что решение о строительстве установки может быть принято только после проведения референдума, хотя законодательно право вето так и не было закреплено. В 2004 году была утверждена концепция будущего пункта захоронения TS(R)/6/25 – аналог шведской концепции KBS-3.

В 2012–2013 гг. была разработана новая программа по первому этапу геологических изысканий, основными задачами работ по которому является общая характеристика геологических формаций и получение данных для оценки безопасности, которая, в свою очередь, позволит определить наиболее приоритетные направления работ для завершения первого этапа исследований на поверхности. Данная программа уже получила одобрение уполномоченного компетентного органа (*Pécs Mining District Authority*).

Что касается политики обращения с ВАО и ОЯТ, то на национальном уровне окончательное решение по этому вопросу до сих пор не принято. Однако согласно текущим планам ОЯТ и ВАО подлежат окончательной изоляции в пункте глубинного геологического захоронения (рис. 4.5, табл. 4.5) [5].



Рис. 4.5. Планируемая программа обращения с РАО и ОЯТ в Венгрии





Табл. 4.5. Основные этапы проекта по созданию пункта захоронения ВАО в Венгрии

Венгрия	2015–2029 гг.	- Проведение полевых исследований; - выполнение оценки безопасности программы исследований в ПИЛ и международная экспертиза отчета безопасности; - экспертиза программы долгосрочных исследований (анализ ее содержания, объема финансирования и графика работ); - разработка рабочего проекта ПИЛ; - объявление тендера на сооружение ПИЛ
	2030–2037 гг.	- Сооружение ПИЛ; - формирование программы исследований
	2038–2054 гг.	- Проведение исследований в ПИЛ; - выполнение оценки безопасности, обосновывающей программу исследований в ПИЛ и новая международная экспертиза отчета безопасности
	2055–2063 гг.	- Сооружение пункта захоронения; - получение разрешения на эксплуатацию
	2064–2079 гг.	- Эксплуатация пункта захоронения; - транспортировка ОЯТ, хранящегося в пункте промежуточного хранения, на площадку ПЗ; - транспортировка РАО, образовавшихся в результате ВЭ АЭС, на площадку ПЗ; - транспортировка ДЖ РАО из пункта захоронения Püspökszilágy на площадку ПЗ
	2080–2083 гг.	- Закрытие пункта захоронения; - подготовка оценки безопасности; - международная экспертиза
	2084–2133 гг.	- Мониторинг; - принятие решения о продолжении или отказе от ведомственного контроля



Литература к главе 4

1. OECD/NEA, Radioactive Waste Management Programmes in OECD/NEA Member Countries, Hungarian Profile, Organization for Economic Cooperation and Development/Nuclear Energy Agency 2009.
2. OECD/NEA, Radioactive Waste Management Programmes in OECD/NEA Member Countries, Hungarian Report, Organization for Economic Cooperation and Development/Nuclear Energy Agency 2009.
3. Nuclear Power in Hungary, World Nuclear Association, Country Profiles (updated December 2014).
4. Forth National Report of the Hungarian Republic prepared within the framework of the Joint Convention on the Safety of Spent Fuel Management and on the Safety of Radioactive Waste Management, 2011.
5. Long-term Planning of Spent Fuel and Radioactive Waste Management in Hungary, 8th EC Conference on the Management of Radioactive Waste, 14-16 October 2013, Vilnius, Lithuania.
6. Fifth National Report of the Hungarian Republic prepared within the framework of the Joint Convention on the Safety of Spent Fuel Management and on the Safety of Radioactive Waste Management, 2014.
7. WORKING PAPER Identifying remaining socio-technical challenges at the national level: Hungary, Anna Vari, Zoltan Ferencz, Hungarian Academy of Sciences, Center of Social Science Research, May 2012.



5. Германия

Стратегия обращения с ОЯТ

Прямое захоронение ОЯТ без предварительной переработки

Реестр РАО и ОЯТ

Категория РАО	Текущие объемы накопления (конец 2013 года), м ³	Прогнозные объемы накопления, м ³
РАО с незначительным и малым тепловыделением	113 885	277 000 (к 2040 г.)
РАО со значительным тепловыделением	721	27 000 (к 2040 г.)
ОЯТ	14 886	17 000 (к 2025 г.)

Проекты по созданию пунктов захоронения

Тип захораниваемых отходов	НАО/САО (Конрад)	ВАО/ОЯТ
Тип вмещающих пород	глины	не определено
Глубина захоронения, м	800 -1 200	не определено
Возможность повторного извлечения отходов	да	не определено
Запуск программы НИОКР	1976 г.	1975 г.
Начало работ по поиску площадки	-	начало 1970-х гг.
Текущий статус проекта	строительные работы на площадке	поиск площадки, скрининговые исследования
Планируемая дата ввода в эксплуатацию	2022 г.	после 2030-х гг.
Плотность населения в стране (в районе размещения), чел/км ²	225 (160)	225
Право вето у местного населения	нет	
Денежные выплаты муниципалитетам	нет	
Разработана программа привлечения местного населения	нет	
Площадка расположена вблизи ядерных объектов	нет	-

Подземная исследовательская лаборатория

Название	Горлебен
ПИЛ	конкретного назначения
Тип пород	соли
Глубина, м	840
Период эксплуатации	с 1985 г.*

Организационные аспекты

Орган государственного управления в области обращения с ОЯТ и РАО	BMU — Федеральное министерство окружающей среды, сохранения природы и ядерной безопасности (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit) (www.bmu.de)
Организация, ответственная за реализацию проекта по захоронению ОЯТ и РАО	BfS — Федеральное ведомство по радиационной защите (Bundesamt für Strahlenschutz) (www.bfs.de)
	BfKE — Федеральное управление по обращению с ядерными отходами (будет создано в ближайшее время)
- Строительство; - Эксплуатация	DBE — Компания по строительству и эксплуатации пунктов захоронения РАО в Германии (основной подрядчик), Deutsche Gesellschaft zum Bau und Betrieb von Endlagern für Abfallstoffe mbH** www.dbetec.de
- НИОКР	BMW i — Министерство экономики и технологий www.bmwi.de

Основные регулирующие органы

Орган государственного регулирования безопасности в области атомной энергии	BMU
Орган, выдающий лицензии на строительство и эксплуатацию пунктов захоронения	BfE — Федеральное управление в области обращения с РАО, находящееся в ведении BMU (www.bfe.bund.de)

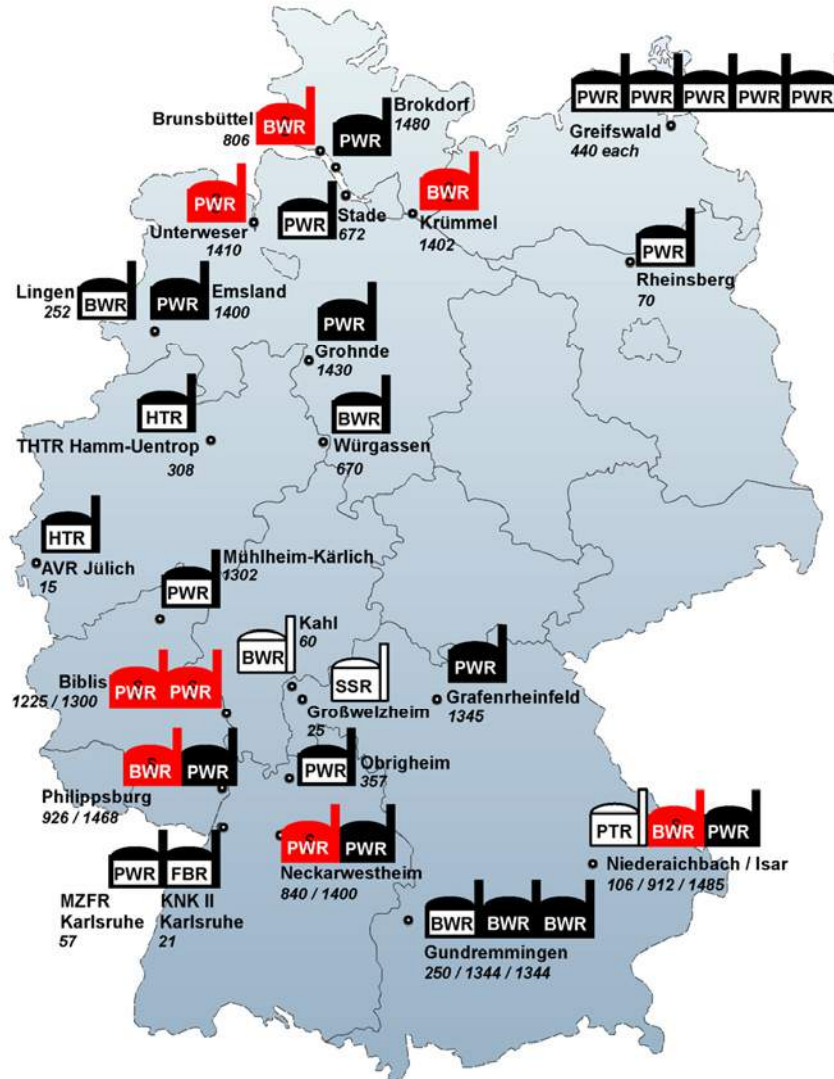
* Не действовала в период с 2000 по 2010 гг.

** Оператор таких пунктов захоронения как Морслебен, Конрад и Горлебен



На данный момент в Германии эксплуатируются 9 реакторных установок суммарной мощностью 12,7 ГВт, еще 8 были остановлены в соответствии с указом Правительства Германии от 2011 года (рис. 5.1). 31 мая 2015 года по экономическим соображениям досрочно окончательно остановлен еще один реактор Grafenrheinfeld [1]. На данный момент в стране проводится политика постепенного отказа от производства атомной энергии. Если эта политика в дальнейшем не будет пересмотрена, то к 2022 году все АЭС в Германии будут остановлены [2]. В целом можно констатировать, что доля производства электроэнергии, вырабатываемой на АЭС, неуклонно снижается. Так в 2002 году она составляла порядка 28,2%, а к 2013 году снизилась до 15,4%.

Германия



PWR — Водно-водяной реактор с водой под давлением;
BWR — Водно-водяной реактор кипящего типа;
EBR — Реактор на быстрых нейтронах;
HTR — Высокотемпературный реактор для тепловых испытаний;
PTR — Реактор канального типа;
SSR — Высокотемпературный реактор с паровым охлаждением

В цифрах указана полная генерирующая мощность блока

Данные приведены по состоянию на март 2014 года

— в эксплуатации
— на стадии ВЭ
— полностью демонтированные блоки
— срок действия лицензии на производство электроэнергии истек в соответствии с поправкой к Закону об атомной энергии

Рис. 5.1. Выработка электроэнергии на АЭС в Германии

Операторы ЯУ, ответственные в соответствии с немецким законодательством за промежуточное хранение ОЯТ, учредили акционерные общества для реализации проекта строительства и



эксплуатации поверхностных установок Ахаус и Горлебен, расположенных вне территории реакторных площадок. Тем не менее, в Германии предпочтение все же отдается практике промежуточного хранения ОЯТ на приреакторных площадках. За осуществление окончательного захоронения РАО ответственность несет Правительство [3].

С начала 1970-х гг. немецкие специалисты изучали возможность внедрения «замкнутого топливного цикла» в Германии. В те годы планировалось создать единый Центр по обращению с РАО с установками для переработки ОЯТ, кондиционирования РАО, хранения и захоронения всех типов РАО, производимых в стране. В 1989 году после многолетних исследований и попыток найти подходящую для сооружения Центра площадку представители ядерной отрасли отказались от проекта по переработке ОЯТ в Германии и инвестировали средства в строительство перерабатывающего завода во Франции (Ла Аг). До 2005 года половина производимого в стране ОЯТ направлялась на переработку во Францию и Великобританию. Оставшееся отработавшее топливо помещали в мокрые и сухие пункты промежуточного хранения на территории реакторных площадок. В апреле 2002 года вышел закон «Об отказе от атомной энергии», в соответствии с положениями которого с июня 2005 года поставки ОЯТ за границу в целях переработки были полностью прекращены.

ВАО, полученные в прошлом в результате переработки отходов во Франции и Великобритании, как ожидается, будут возвращены Германии к 2022 году. В общей сложности на хранение планируется направить 166 больших транспортных контейнеров, заполненных канистрами с остеклованными отходами. После того, как в ноябре 2011 года был доставлен последний груз из Ла Аг, на хранение в пункт Горлебен были отправлены 50 контейнеров с отходами [4].

5.1. Ведомства, ответственные за реализацию проектов захоронения

В Германии имеется достаточно сложная система распределения между различными ведомствами и организациями функций и обязанностей в области обращения с РАО и их захоронения (рис. 5.2) [5]:

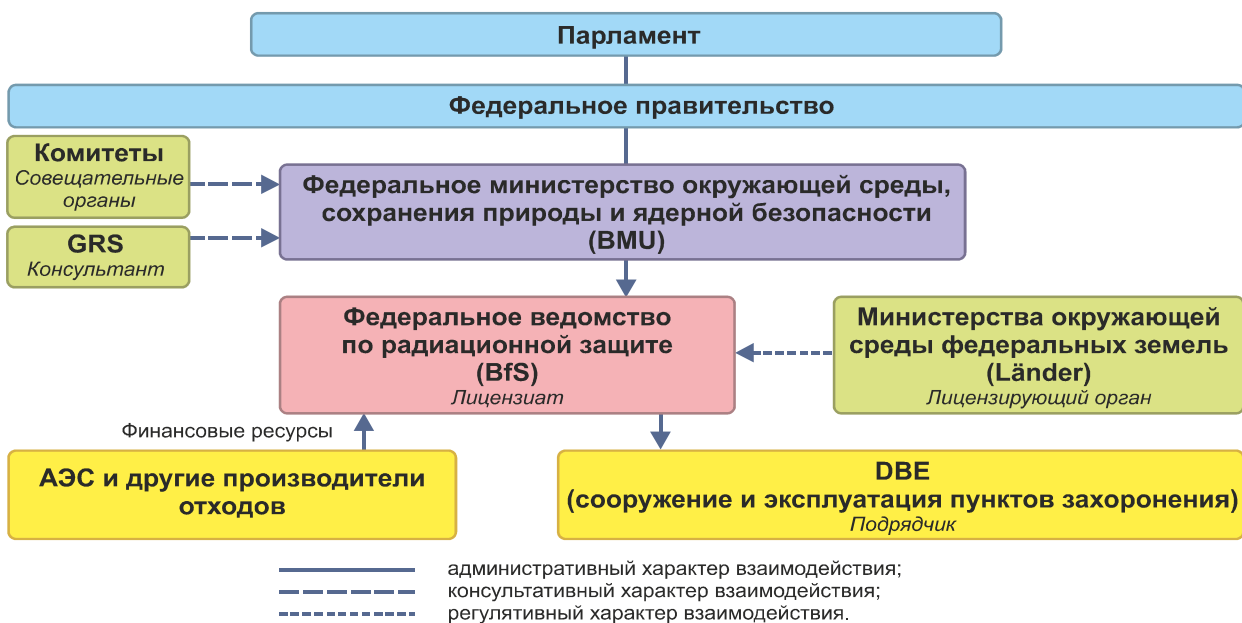


Рис. 5.2. Схема взаимодействия заинтересованных сторон в рамках реализации проектов по захоронению РАО

- В соответствии с законом «Об атомной энергии», Федеральное правительство Германии несет ответственность за окончательное захоронение радиоактивных отходов.
- Федеральное министерство окружающей среды, сохранения природы и ядерной безопасности (BMU) и находящееся в его ведении Федеральное ведомство по радиационной защите (BfS) отвечают за выбор площадки, планирование и организацию работ, проведение НИОКР, сооружение, эксплуатацию и вывод из эксплуатации пунктов захоронения РАО. Таким образом, BMU, являясь регулирующим органом, одновременно несет ответственность за разработку и реализацию национальной политики в области обращения с радиоактивными отходами, а также осуществляет надзор за деятельностью BfS и лицензирующими органами.



- BfS и BGR (Федеральный исследовательский институт геологических наук и природных ресурсов) являются двумя ведущими организациями, занимающимися техническими вопросами в области обращения с РАО. При этом BfS, непосредственно подчиняющееся BMU, занимается реализацией проекта по захоронению РАО. В будущем будет учреждена отдельная государственная организация – Управление по обращению с ядерными отходами, которое поможет BfS в выполнении возложенной на него миссии (BfKE).
- Основным подрядчиком, нанятым BfS для выполнения всех работ по сооружению и эксплуатации пунктов захоронения РАО, а также выводу из эксплуатации пункта захоронения Морслебен является компания DBE.
- Комитет по ядерной безопасности, Комитет по радиологической защите и Комитет по обращению с ядерными отходами предоставляют министерству свои рекомендации по всем вопросам, связанным с атомными реакторами, ЯТЦ и обеспечением радиационной защиты.
- Производители отходов осуществляют кондиционирование и хранение РАО и ОЯТ. Как только РАО поступают в государственный пункт хранения, ответственность за обращение с ними переходит к оператору соответствующей установки.
- Компания GNS отвечает за все операции, связанные с транспортировкой и захоронением РАО в Германии.
- Федеральное министерство экономики и энергетики (BMWi) несет ответственность за ядерно-энергетическую отрасль страны и проведение теоретических научных исследований, связанных с проектами по созданию пунктов захоронения.
- Подведомственный BMWi Федеральный исследовательский институт занимается изучением геолого-геофизических вопросов в области окончательного захоронения РАО.
- Федеральное управление по обращению с РАО (BfE) занимается лицензированием пунктов захоронения РАО. Однако есть ряд исключений. Так, например, за рассмотрение заявки на закрытие шахты Ассе и на проведение геологоразведочных работ в Горлебене и Конраде отвечает Министерство окружающей среды Нижней Саксонии, а за лицензирование ПЗ Морслебен отвечает Министерство окружающей среды Саксонии-Анхальт.

5.2. Классификация и реестр РАО

Согласно старой классификационной системе все РАО в зависимости от уровня активности делились на три класса – НАО, САО, ВАО. Текущая классификация предусматривает разделение РАО на два класса – тепловыделяющие РАО* и РАО с незначительным тепловыделением** (рис. 5.3) [6]. Согласно реестру РАО на конец 2013 года, суммарный объем кондиционированных РАО с незначительным тепловыделением оценивался на уровне 113 885 м³, а тепловыделяющих РАО – 721 м³ [1]. При этом результаты проведенных исследований свидетельствуют о том, что накопление кондиционированных РАО должно продолжиться до 2080 года, а к 2040 году в Германии будет накоплено порядка 277 000 м³ РАО со средним и незначительным тепловыделением и около 27 000 м³ РАО с высоким уровнем тепловыделения (рис. 5.4) [1].

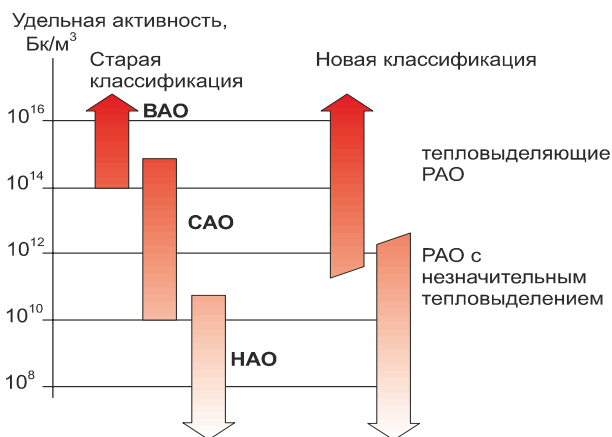


Рис. 5.3. Классификация РАО в Германии

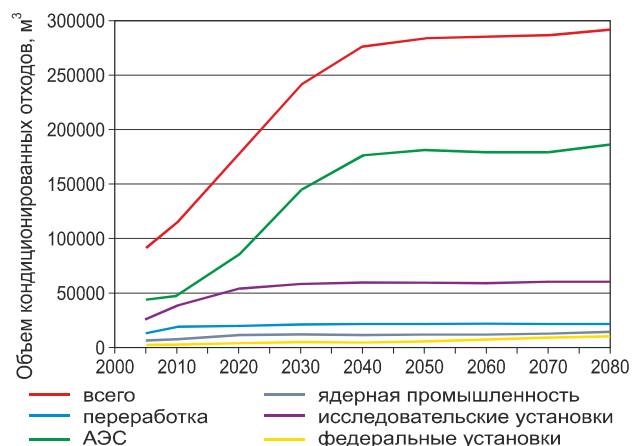


Рис. 5.4. Прогнозы накопления РАО в Германии

* Эквивалент ВАО согласно классификации МАГАТЭ

** Эквивалент НАО и САО согласно классификации МАГАТЭ



В настоящее время в Германии реализуются три проекта по захоронению радиоактивных отходов с незначительным остаточным тепловыделением (площадки «Конрад», «Ассе» и «Морслебен») и один по захоронению РАО с высоким уровнем тепловыделения и отработавшего ядерного топлива («Горлебен») (рис. 5.5).

5.3. Пункты захоронения

Морслебен

Пункт Морслебен (рис. 5.6), размещенный в старой соляной шахте, использовался для захоронения НАО и САО в ГДР в период с 1971 по 1991 год (захоронено 14 432 м³ РАО суммарной активностью 3·10¹⁴ Бк) и позднее – с 1994 по 1998 год (размещено 22 320 м³ РАО суммарной активностью 1·10¹⁴ Бк). В 1998 году по решению суда захоронение отходов в Морслебене было прекращено. На данный момент завершена разработка концепции закрытия, а в 2011 году завершились работы по засыпке 24 камер центральной части пункта захоронения, в ходе которых было использовано порядка 950 000 м³ особого материала, традиционно используемого для уменьшения притока воды в соляных шахтах (16% – цемент, 39% – галит, 16% – известь, 14% – вода, 15% – песок). Согласно текущим оценкам на засыпку оставшихся камер захоронения должно уйти около 4–5,5 млн м³ этого материала. Также его планируется использовать для изготовления уплотнителей тоннелей захоронения с высоким гидравлическим сопротивлением. Кроме того, участки размещения РАО будут отделены от остальных зон пункта захоронения уплотнителями из карналлита. На данный момент регулятор рассматривает заявку на закрытие пункта захоронения. Все документы, связанные с закрытием Морслебена, были опубликованы в 2009 году, а в 2011 году состоялись общественные слушания. Согласно текущим планам, после получения лицензии переход от этапа технического обслуживания к осуществлению работ по закрытию займет около 2 лет, а сами работы по закрытию завершатся еще через 15 лет [5, 6].



Рис. 5.5. Пункты захоронения в Германии

Германия

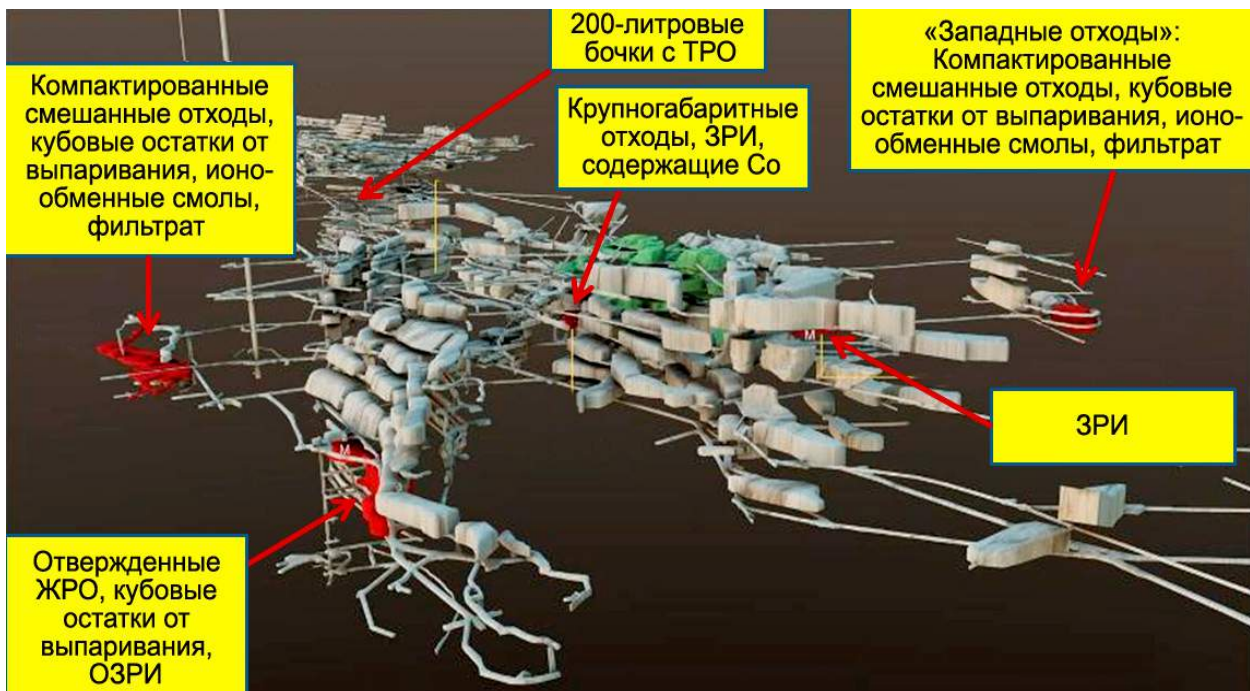
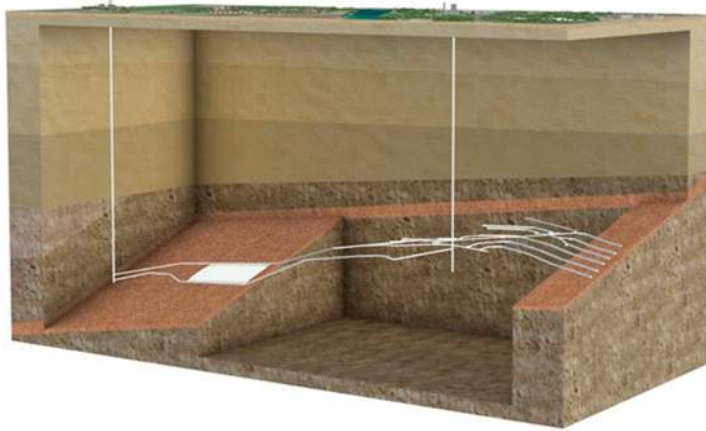


Рис. 5.6. Схема размещения основных зон захоронения в Морслебене



Конрад

РАО с незначительным тепловыделением планируется окончательно изолировать в закрытой шахте, где в период с 1965 по 1976 год производилась добыча железной руды. Сразу после закрытия рудника были инициированы исследования по оценке его пригодности для строительства пункта захоронения. В 1982 году регулятору была подана заявка на утверждение плана по сооружению и эксплуатации данной установки. На рассмотрение этой заявки ушло целых двадцать лет. За это время местные жители подали около 300 000 обращений, рассмотренных в нескольких судебных инстанциях вплоть до федерального административного суда, однако в мае 2002 года регулятор все же выдал лицензию на строительство пункта захоронения. 30 мая 2007 года бывший железный рудник получил официальный статус пункта захоронения РАО с незначительным тепловыделением. Строительные работы на площадке по реконструкции двух шахт Конрад 1 и Конрад 2 стоимостью около 900 млн евро стартовали в 2009 году, а первые партии отходов, как ожидается, поступят в Конрад уже в 2022 году (рис. 5.7). Эксплуатационные затраты должны составить порядка 18,5 млн евро в год. При этом, на этапе планирования и проведения геологических изысканий (1997 – 2008 гг.) затраты составили свыше 930 млн евро.



Геологический барьер
мощностью 300 – 500м

Вмещающая порода
(глины),
глубина 800-1200м

Рис. 5.7. ПЗ Конрад

Согласно выданной регулятором лицензии, вместимость пункта захоронения достигнет 303 000 м³ при суммарной активности β/γ излучателей 5·10¹⁸ Бк и суммарной активности α- излучателей 1,5 10¹⁷ Бк [5, 6].

Ассе II

Изначально объект Ассе II, расположенный в соляных выработках, где в период с 1909 по 1964 год производилась добыча столовой соли и карналлита, задумывался как подземная лаборатория для проведения исследований в области захоронения РАО, но впоследствии стал пунктом захоронения НАО и САО. Строительство ПИЛ Ассе II началось в 1964 году, а в период с 1967 по 1978 год здесь было размещено около 125 800 бочек НАО суммарной активностью 1,9·10¹⁵ Бк (прессованные смешанные отходы, отвержденные ЖРО, отработавшие радиоактивные источники, строительный мусор и т.п.) и 1 300 бочек САО суммарной активностью 1,2·10¹⁵ Бк. Эти отходы были захоронены в 13 отсеках на глубинах 511 м, 725 м и 750 м (рис. 5.8).



Рис. 5.8. Работы по захоронению РАО (Ассе, 1967 год)

В 1988 году в южной части установки был зафиксирован приток соляных вод, скорость поступления которых сегодня составляет в среднем около 12 м³/сутки. В случае увеличения скорости притока раствора возникнет опасность подтопления и обрушения сводов объекта вследствие раз-



мягчения соляных пород и их растворения. В первую очередь возникновение данных процессов связывают с тем, что экскавационные работы при сооружении объекта проводились слишком близко к внешней границе соляного купола. При проведении работ по захоронению отходов эти выработки не были засыпаны, а из-за того, что эксплуатация установки велась в соответствии с положениями законодательства о ведении горных работ, вопросам радиационной безопасности не уделялось должного внимания. На данном этапе предсказать, как будут развиваться эти процессы в дальнейшем невозможно. Сейчас в Ассе имеется три точки сбора и откачки соляных вод. Первая точка находится на глубине 658 м – откаченную отсюда воду используют для контролируемого затопления старой соляной шахты. Реализация данного проекта продлится еще несколько лет. Сейчас BfS занимается получением разрешения на сброс радиоактивно незагрязненного раствора в поверхностные воды. На уровне 725 м ежедневно собирается около $0,8 \text{ м}^3$ раствора, загрязненного тритием. Откачиваемая жидкость идет на производство цемента Сореля, используемого для засыпки камер захоронения. На уровне 750 м собирают воды, загрязненные тритием и цезием свыше пределов изъятия. Согласно положениям немецкого законодательства, растворы, содержащие загрязняющие вещества в количествах, не превышающих более чем в 10 раз предела изъятия, также разрешено использовать в производстве цемента Сореля (рис. 5.9, 5.10).



Рис. 5.9. Ассе II: рыхлые горные породы и точки конденсации в отсеке 5 на глубине 700 м (1993 год)



Рис. 5.10. Работы вблизи камеры 7 на глубине 750 м (Ассе II, 2012 год)

К разработке проекта закрытия Ассе II приступили только в 1995 году, с 1997 года проводились работы по засыпке камер крупнозернистой солью и герметизации с целью предотвращения обрушения сводов и выхода радиоактивных веществ на поверхность. В 2009 году статус шахты Ассе II был официально изменен с «подземной исследовательской лаборатории» на «пункт геологического захоронения РАО». С этих пор эксплуатация данного объекта ведется в соответствии с законодательными нормами в области использования атомной энергии.

В 2008 году все работы по закрытию Ассе II были приостановлены, и проведен сравнительный анализ различных вариантов закрытия объекта. Первый вариант предполагал извлечение всех отходов из Ассе, их переупаковку, транспортировку в пункт временного хранения, кондиционирование в соответствии с критериями приемлемости и размещение в пункте захоронения Конрад. Второй вариант – перемещение отходов внутри пункта захоронения и их захоронение в новых камерах, сооруженных внутри Ассе II. РАО были бы извлечены из камер, переупакованы и помещены в новое место, а камеры, где они находились раньше, – засыпаны цементом Сореля и загерметизированы. Согласно третьему варианту, РАО должны были остаться на прежнем месте, а все пустоты, галереи и камеры захоронения вместе с размещенными в них отходами подлежали бы засыпке и герметизации.

В 2010 году BfS признало первый вариант – извлечение отходов и их перезахоронение в Конраде, наиболее предпочтительным. Все же для проведения работ по извлечению отходов требуется получение более детальных сведений о граничных условиях на площадке, что позволило бы гарантировать безопасность персонала и населения. 21 апреля 2011 года Министерство защиты окружающей среды и климата Нижней Саксонии выдало BfS лицензию на проведение бурильных работ в двух камерах пункта захоронения, благодаря чему можно было бы сравнить оценки доз облучения персонала и населения для двух вариантов: в случае полного извлечения отходов и в случае, если все отходы останутся внутри установки [5, 6].



28 февраля 2013 года Бундестаг принял Закон об ускоренном извлечении РАО и закрытии шахты Ассе II. Ввиду того, что о состоянии захороненных РАО и самих камер захоронения имеются лишь отрывочные сведения, в первую очередь потребуется провести сбор всех недостающих данных и практические испытания. Первая стадия проекта состоит из трех этапов:

- бурение двух скважин до уровня 750 м с проникновением в камеры захоронения и отбором проб жидкости, газов и твердых веществ, а также обследованием области вокруг камеры захоронения (бурильные работы начались в июне 2012 года, к июню 2013 года удалось добраться до первой упаковки с отходами, исследования продолжаются по сей день);
- открытие камер захоронения с целью оценки их состояния и состояния размещенных в них отходов;
- пробное извлечение нескольких упаковок с отходами.

Начиная с января 2012 года, BfS провело множество рабочих совещаний, участие в которых приняли независимые эксперты и представители общественности. Среди наиболее важных выводов, сделанных по итогам проведенных совещаний, следует отметить следующие:

- на извлечение отходов из Ассе II может уйти от 35 до 40 лет;
- для извлечения отходов потребуется сооружение новой шахты;
- для ускорения работ по извлечению отходов следует незамедлительно приступить к проектированию новой шахты и пункта хранения. Из-за срочности проводить итоговую оценку возможности повторного извлечения отходов в рамках разработки проекта не потребуется.

Согласно текущим планам работы по извлечению отходов должны начаться не раньше 2033 года.

Горлебен (рис. 5.11)

Решение о создании в Горлебене Центра по обращению с РАО, где одновременно осуществлялась бы переработка ОЯТ, кондиционирование РАО, а также промежуточное хранение и окончательное захоронение РАО было принято еще в 1970-е годы. Однако по политическим соображениям от этой идеи пришлось отказаться, так как эта площадка находилась вблизи границы с ГДР.

В 1977 году соляной купол Горлебена стал кандидатом для сооружения пункта глубинного захоронения всех типов отходов. Однако в дальнейшем было решено захоранивать здесь лишь РАО с высоким тепловыделением, т.е. в основном ОЯТ и ВАО. С 1979 года в Горлебене проводились исследования на поверхности, а в 1986 году – стартовали геологоразведочные работы. В центре соляного купола были пробурены две вертикальные шахты, затем на глубине 840 м сооружен горизонтальный тоннель. В 2000 году были завершены геологоразведочные работы в первом секторе «FB1». Суммарные затраты на их проведение составили порядка 1,5 млрд евро. Тем не менее, в октябре 2000 года Правительство Германии наложило мораторий на проведение дальнейших исследований в Горлебене. Мораторий оставался в силе вплоть до 2009 года, затем исследования были продолжены. Также здесь был построен опытный завод по кондиционированию отходов. Согласно предварительным планам, ввод в эксплуатацию пункта захоронения должен был состояться в 2025 году.

Однако этим планам не было суждено сбыться. Все разгорающиеся споры вокруг вопроса о пригодности размещения пункта геологического захоронения в Горлебене стали серьезным препятствием на пути реализации проекта. Для того чтобы как-то сдвинуть процесс с мертвой точки и достичь всеобщего согласия сторон, Правительство Германии приняло решение об инициации новой кампании по поиску площадки для строительства пункта геологического захоронения ОЯТ и ВАО. Данная инициатива была поддержана большинством политических партий Германии. В апреле 2013 года премьер-министры федеральных земель и председатели пяти парламентских фракций Бундестага приняли решение об очередном приостановлении исследовательских работ в Горлебене и запуске новой программы по поиску площадки для пункта захоронения уже в других географических областях страны. Первым шагом стало издание нового закона, утвердившего ос-



Рис. 5.11. Пункт захоронения Горлебен



новые положения, регламентирующие требования к процессу выбора площадки. В законе говорилось, что разработкой процедуры поиска площадки должен заняться специальный комитет Федерального Правительства в составе 24 членов, представляющих интересы различных сторон. До конца 2015 года комитет должен разработать ряд предложений относительно ключевых аспектов данной процедуры, например, требований безопасности, критериев исключения из рассмотрения и выбора площадки для каждого типа геологических формаций. Данные положения и станут основой для принятия решения о выборе того или иного места размещения площадки и наиболее предпочтительного типа вмещающих пород. Решения на отдельных этапах процесса выбора площадки будет принимать Бундестаг путем утверждения соответствующих законодательных норм. В целом новая процедура выбора площадки состоит из восьми основных этапов, представленных на рис. 5.3.4.1:

- 1) Изучение альтернативных вариантов захоронения, программ и критериев (до 2015 года).
- 2) Уточнение списка регионов, выбранных для проведения исследований.
- 3) Уточнение потенциальных мест размещения установки, где в дальнейшем будут проведены наземные исследования площадок.
- 4) Проведение исследований на поверхности.
- 5) Выбор площадки для проведения исследований под землей (до 2023 года).
- 6) Проведение исследований под землей.
- 7) Окончательное сравнение площадок.
- 8) Утверждение площадки (до 2031 года).



Рис. 5.3.4.1. Этапы реализации проекта по созданию пункта захоронения ОЯТ и ВАО в Германии

Следует отметить, что площадка в Горлебене на данный момент все еще рассматривается в качестве потенциального кандидата для строительства пункта захоронения, однако поставки радиоактивных отходов в пункт промежуточного хранения Горлебена прекращены.

На данный момент в рамках шестой федеральной энергетической исследовательской программы проводятся НИОКР по изучению концепции геологического захоронения ВАО в Германии. На федеральное министерство экономики и энергетики (BMWi), министерство окружающей среды, сохранения природы и ядерной безопасности (BMU) и министерство образования и науки (BMDf) возложена ответственность за разработку соответствующих детализированных программ проведения фундаментальных и прикладных исследований национальными исследовательскими центрами, университетами и частными компаниями. Сейчас достаточно подробно изучены вопросы захоронения ВАО в соляных формациях, однако до сих пор исследованию возможности захоронения ВАО в других типах вмещающих пород не уделялось должного внимания. При этом сотрудничество с иностранными партнерами и проведение исследований в зарубежных подземных лабораториях в рамках соответствующих программ ЕС является неотъемлемой частью немецкой программы НИОКР [6].



Также наряду с изучением вопросов глубинного геологического захоронения ВАО с конца 1980-х гг. по заказу немецкого Правительства проводятся НИОКР по исследованию концепции прямого захоронения ОТВС, рассматриваемой в качестве альтернативы переработке и повторному использованию ОЯТ. В сотрудничестве с атомной отраслью компания DBE Technology разработала новую концепцию транспортировки и захоронения ОЯТ при горизонтальном размещении ОТВС внутри горных выработок в соляных формациях. Для этого были спроектированы 65-тонные самоэкранирующиеся контейнеры POLLUX, позволяющие разместить одновременно до 11 ОТВС. Альтернативная концепция захоронения ОЯТ – BSK-3 предполагает вертикальное размещение канистр в соляных выработках глубиной до 330 м. Компании DBE Technology и GNS объединили свои усилия и запустили программу полномасштабной демонстрации возможности безопасной и надежной транспортировки 85-тонного груза, состоящего из контейнера POLLUX и транспортировочной тележки, с поверхности до уровня захоронения. В 2009 году аналогичные исследования проводились для тестирования концепции BSK-3. Для этих целей были сооружены две опытные установки в Ландесбергене и Пейне (Нижняя Саксония), где для проверки безопасности и надежности технологии каждый этап транспортировки и размещения отходов был отработан более 1000 раз [7].



Литература к главе 5

1. Fifth National Report of the Federal Republic of Germany for the Fifth Review Meeting on the Joint Convention on the Safety of Spent Fuel Management and on the Safety of Radioactive Waste Management, Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation, Building, August 2014.
2. OECD/NEA, Radioactive Waste Management Programmes in OECD/NEA Member Countries, German Profile, Organization for Economic Cooperation and Development/Nuclear Energy Agency 2013.
3. World Nuclear Association, Storage and Disposal Options, Radioactive Waste Management Appendix 2 (*Updated August 2013*).
4. World Nuclear Association, National Policies Radioactive Waste Management - Appendix 3 (*updated April 2013*).
5. Radioactive Waste Management Stakeholders Map in the European Union, Meritxell Martell & Gianluca Ferraro, European Commission Joint Research Centre Institute for Energy and Transport, Report May 2014.
6. Feedback from existing geological facilities in Germany, Guido BRACKE, GRS, 18 June 2014, ENSTTI Training Module «Final Disposal Safety», Fontenay-aux-Roses, France, 16-20 June 2014.
7. Managing Spent Fuel from Nuclear Power Reactors: Experience and Lessons from Around the World; edited by Harold Feiveson, Zia Mian, M.V. Ramana and Frank von Hippel; International
8. Waste processing and geological disposal: Where do we stand?, EUROSAFE TRIBUNE, Towards Convergence of Technical Nuclear Safety Practices in Europe, July 2014
9. Radioactive alchemy, EUROSAFE TRIBUNE, Towards Convergence of Technical Nuclear Safety Practices in Europe, July 2014



6. Нидерланды

Стратегия обращения с ОЯТ

Переработка ОЯТ с последующим хранением полученных в результате переработки ВАО в течение 100 лет, после чего их планируется удалить в пункт геологического захоронения

Реестр РАО

Категория РАО	Суммарные объемы накопления, м ³	Прогнозные объемы накопления через 100 лет, м ³
ВАО	80 (2 323 ПБк)	3 200
НАО и САО	10 572 (2 282 ТБк)	188 000
радиоактивные материалы природного происхождения	17 322	-

Проект по созданию пункта захоронения

Тип захораниваемых отходов	НАО/САО/ВАО
Тип вмещающих пород	не определено
Глубина захоронения, м	не определено
Возможность повторного извлечения отходов	да
Запуск программы НИОКР	1993 г.
Начало работ по поиску площадки	1993 г.
Текущий статус проекта	поиск площадки, скрининговые исследования
Планируемая дата ввода в эксплуатацию	2100 г.
Плотность населения в стране (в районе размещения), чел/км ²	495
Право вето у местного населения	процедура привлечения населения к участию в процессе выбора площадки для сооружения пункта захоронения находится на стадии разработки
Денежные выплаты муниципалитетам	
Программа привлечения местного населения	
Площадка расположена вблизи ядерных объектов	

Подземная исследовательская лаборатория

нет

Организационные аспекты

Органы государственного управления в области обращения с ОЯТ и РАО	SZW — Министерство социального обеспечения и занятости (www.government.nl/ministries/szw) EZ — Министерство экономики (www.government.nl/ministries/ez) IENM — Министерство инфраструктуры и окружающей среды (www.government.nl/ministries/ienm)
Организация, ответственная за реализацию проекта по захоронению РАО (разработка проекта, НИОКР, лицензирование, строительство, эксплуатация)	COVRA — Центральная организация по обращению с РАО (www.covra.nl)

Основные регулирующие органы

Орган государственного регулирования безопасности в области атомной энергии	KFD — Управление ядерной безопасности, физической безопасности и гарантий в ведении Министерства инфраструктуры и окружающей среды (Kernfysische Dienst) (www.kernenergieinederland.nl)
Государственный орган, выдающий лицензии на строительство и эксплуатацию пунктов захоронения	NIV — Управление ядерных установок и безопасности в ведении Министерства экономики



В Нидерландах действует всего одна атомная станция – АЭС Борсселе с реакторным блоком мощностью 485 МВт, производящим 4% энергии в стране. ОЯТ перерабатывается во Франции, а все РАО, образующиеся в результате переработки ОЯТ с АЭС Борсселе и остановленной АЭС Додеваард, направляют на долговременное хранение в централизованный пункт временного хранения COVRA сроком на 100 лет [1].

6.1. Ведомства, ответственные за реализацию проектов захоронения

В Нидерландах вопросы, связанные с атомной отраслью, решаются сразу несколькими министерствами, которые совместно разрабатывают нормативы и законодательные акты в этой сфере (рис. 6.1). Министерство по развитию инфраструктуры и защите окружающей среды (IENM) является единственным в стране лицензирующим органом. Департамент ядерной безопасности (KFD) – регулирующий орган, находящийся в ведении Министерства по развитию инфраструктуры и осуществляющий независимый надзор за безопасностью ядерной деятельности (оценка безопасности, проведение инспекций и обеспечение исполнения законодательства). Департамент ядерных установок и безопасности (NIV) в составе Министерства экономики участвует в процессе разработки законодательства и политики, а также проводит консультации с Министерством по развитию инфраструктуры и окружающей среды по вопросам лицензирования.

Центральная организация по обращению с РАО (COVRA), основанная в 1982 году, отвечает за реализацию национальной политики Нидерландов в области обращения с РАО. Она уполномочена производить обработку и хранение различных видов РАО и ОЯТ.

NRG (Nuclear Research and Consultancy Group), национальный исследовательский центр, организует и проводит разнообразные НИОКР в сфере атомной энергетики, одновременно являясь крупнейшим в Европе производителем радиоизотопов [2].

Нидерланды

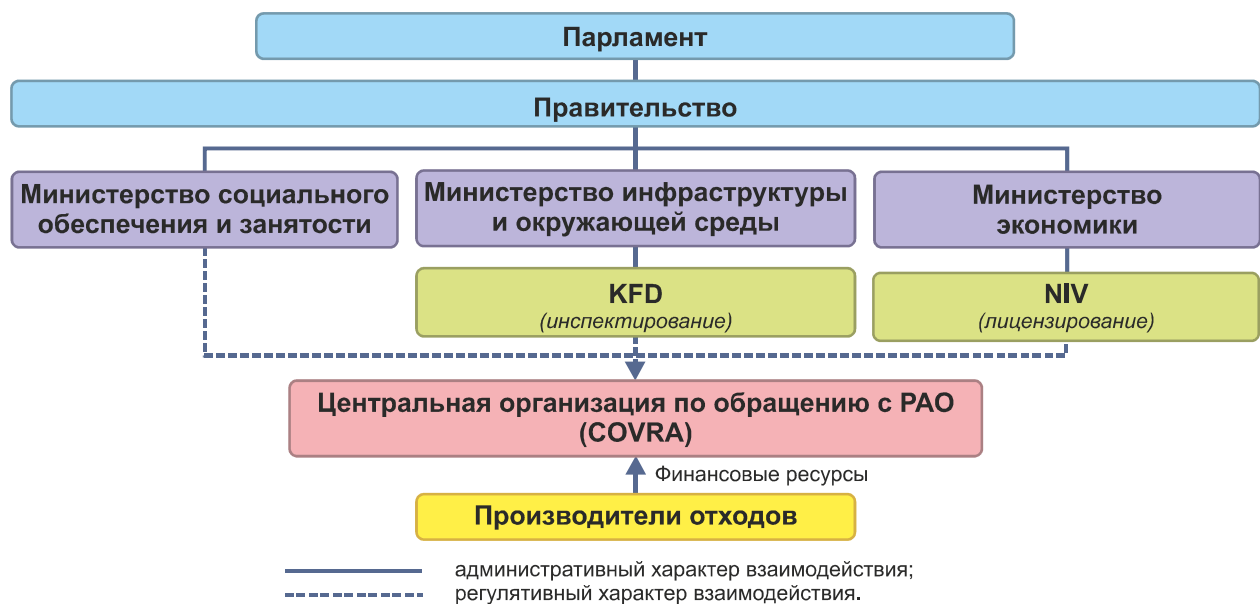
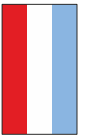


Рис. 6.1. Схема взаимодействия заинтересованных сторон в рамках создания пунктов захоронения РАО

6.2. Классификация РАО

Обращением со всеми радиоактивными отходами в стране за исключением РАО с периодом полураспада менее 100 дней, подлежащими хранению в местах своего образования, занимается Центральная организация по обращению с РАО – COVRA [5]. На национальном уровне в качестве наиболее предпочтительной стратегии по обращению с РАО было признано их долгосрочное хранение в наземных сооружениях с последующей изоляцией в пункте геологического захоронения. В этой связи существующая в Нидерландах классификация РАО основывается как на критериях, позволяющих ограничить дозы облучения в течение продолжительного срока хранения РАО, так и на последующих этапах – при окончательном захоронении отходов. В целом выделяют три категории РАО: НАО/САО, ВАО с низким уровнем тепловыделения и тепловыделяющие ВАО. Также следует отметить, что различия между долгоживущими и короткоживущими НАО и САО не делаются в виду того, что Нидерланды не рассматривают потенциальную возможность сооружения



приповерхностного пункта захоронения для короткоживущих РАО. Поэтому все отходы – и короткоживущие и долгоживущие – подлежат окончательной изоляции в пункте геологического захоронения.

Категория НАО/САО делится на четыре группы:

- А – альфа-излучатели;
- В – отходы с АЭС, содержащие бета- и гамма-излучатели;
- С – отходы, загрязненные бета- и гамма-излучателями, с периодом полураспада более 15 лет, поступившие от производителя, не являющегося оператором АЭС;
- D – отходы, загрязненные бета- и гамма-излучателями, с периодом полураспада менее 15 лет, поступившие от производителя, не являющегося оператором АЭС.

В год образуется около 100 м^3 кондиционированных НАО и САО, основной источник образования таких РАО – эксплуатация АЭС Борсселе. Всего, согласно текущим оценкам, за следующие 100 лет в Нидерландах образуется порядка $188\,000 \text{ м}^3$ НАО и САО.

Тепловыделяющие ВАО представляют собой остеклованные отходы, образующиеся в результате переработки ОЯТ двух АЭС (Борсселе и Додеваард) и двух исследовательских реакторов (Петтен и Делфт). ВАО, характеризующиеся невысоким уровнем тепловыделения, образуются в результате переработки других отходов. Каждый год образуется около 10 м^3 ВАО, а через 100 лет суммарный объем накопленных ВАО составит порядка $3\,200 \text{ м}^3$ ВАО.

6.3. Установки по обращению с РАО и реестр РАО

Пункты хранения всех типов РАО, производимых в Нидерландах, расположены на предприятии COVRA в провинции Зеландия вблизи АЭС Борсселе. С 1992 года здесь функционирует центр по обращению с НАО и САО, а в 2003 году на площадке был введен в эксплуатацию пункт промежуточного сухого хранения НАВОГ, состоящий из двух частей: одна секция для хранения НАО/САО, а другая – для остеклованных ВАО (рис. 6.2) [3, 4].



Рис. 6.2. Пункт хранения НАВОГ (каждые 20 лет цвет здания будет становиться все светлее до тех пор, пока в 2103 году его стены не будут выкрашены в белый цвет, что символизирует снижение уровня активности хранящихся внутри отходов)

Согласно данным официальной статистики, в Нидерландах имеется чуть более 200 организаций, в результате деятельности которых образуются РАО – это научно-исследовательские учреждения, одна действующая АЭС и еще одна АЭС, на которой сейчас проводятся работы по подготовке к ее приведению в состояние «безопасного сохранения», различные промышленные предприятия и медицинские учреждения. Большая часть таких организаций производит лишь небольшие количества НАО и САО, представленных в самой разнообразной форме: ТРО и ЖРО различного происхождения, шлам, загрязненное оборудование и инструмент, ЗРИ и т.п.

Всего в год на ядерных установках в Нидерландах производится обработка и кондиционирование порядка 300 м^3 НАО и САО. Большая часть таких операций осуществляется на предприятии COVRA, расположенном в промышленном регионе страны Влиссинген-Ост и занимающем территорию в 25 га (рис. 6.3). На этой площадке имеются самые разнообразные установки для обработки РАО – суперкомпактор, печи для сжигания органических ЖРО и биологических отходов, установки разделки и резки ОТВС, станция цементирования и очистки ЖРО. Конечным продуктом выполнения операций по кондиционированию являются бочки с цементированными отходами объемом 200 л и цементные блоки объемом 1000 л. В таком виде отходы помещают на хранение. Работы по сооружению комплекса по хранению и обработке НАО и САО проводились в период с 1990 по 1992 год. Ввод в эксплуатацию хранилища ОНАО, образовавшихся в результате переработке руд (РМПП), состоялся в 2000 году, а четыре года спустя было введено в эксплуатацию хранилище обедненного урана. В 1999 году началось возведение комплекса по обращению и хранению ВАО. Его открытие состоялось уже в 2003 году.



Рис. 6.3. Основные установки на территории комплекса по обращению с РАО COVRA

Решение о строительстве наземных установок для хранения РАО очевидно, учитывая тот факт, что четверть территорий страны с достаточно влажным климатом расположена ниже уровня моря. Позиция Нидерландов заключается в обеспечении безопасного хранения всего объема образующихся отходов в поверхностных сооружениях в течение как минимум 100 лет до момента ввода в эксплуатацию пункта геологического захоронения. Согласно некоторым оценкам, суммарный объем НАО и САО, подлежащих хранению, включая НАО и САО от переработки ОЯТ и отходы от проведения работ по ВЭ, составит порядка 60 000 м³.

В соответствии с принципом «загрязняющий платит», все затраты COVRA по обращению с РАО и их хранению покрываются за счет сборов, взимаемых с производителей отходов при передаче РАО на хранение. При этом COVRA берет на себя всю ответственность за принятые на хранение отходы. Поэтому в размере тарифов, устанавливаемых для производителей отходов, заранее учитывается стоимость работ по обращению с РАО в долгосрочной перспективе.

Обращение с НАО и САО

Для иммобилизации низко- и среднеактивных отходов используют цемент, обеспечивающий стабильную щелочную среду, позволяющую предотвратить или замедлить процессы деградации материала отходов. Размер цементных блоков (200 или 1000 л) обеспечивает простоту выполнения всех необходимых манипуляций с ними.

В соответствии с критериями приемлемости, мощность дозы на поверхности бочек с цементированными отходами объемом 200 л не должна превышать 0,2 мЗв/ч. В случае превышения мощности дозы такие бочки помещают внутрь бетонных контейнеров объемом 1000 л. В дальнейшем, после уменьшения мощности дозы до приемлемых значений, внешнюю упаковку снимают.

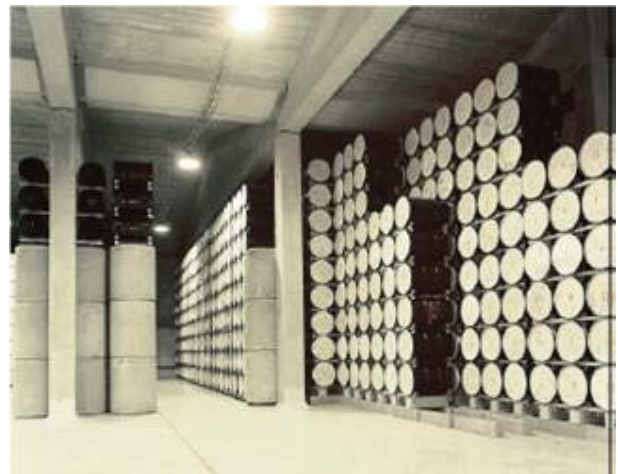
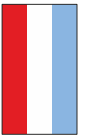


Рис. 6.4. Внутри пункта хранения НАО и САО COVRA



При размещении на хранение блоки штабелируют рядами, при этом остаются свободные проходы для проведения инспекций. Упаковки НАО с меньшей мощностью дозы помещают вдоль внешних стен сооружения и в верхних ярусах в целях обеспечения дополнительного экранирования упаковок с большей мощностью дозы, размещаемых внутри модулей (рис. 6.4).

Само здание хранилища спроектировано по модульному принципу. На данный момент установка состоит из трех секций, вместимость каждой из которых составляет порядка 5000 м³ кондиционированных РАО. Всего, согласно проекту, будет построено 16 секций.

Радиоактивные материалы природного происхождения (РМПП)

Достаточно большие объемы НАО представлены технологически обработанными радиоактивными материалами природного происхождения, источником образования которых является переработка руды. Использование высокотемпературных технологий получения высокочистого фосфора приводит к образованию РМПП в форме твердого стабильного кальцината. В год образуется около 1000 тонн этого материала, активность которого колеблется в пределах от 500 до 4000 Бк/г и в первую очередь обусловлена изотопами полония, висмута и свинца. Несмотря на высокую радиотоксичность изотопов ²¹⁰Pb, ²¹⁰Bi и ²¹⁰Po, эти элементы обладают небольшим периодом полураспада: 22 года, 5 дней и 138 дней соответственно. Поэтому в зависимости от уровня начальной активности они распадутся до уровня освобождения/изъятия в течение следующих 100–150 лет. По этой причине после истечения срока хранения в установках COVRA эти материалы могут быть захоронены как химические отходы.

Благодаря тому, что кальцинат сам по себе является практически нерастворимым продуктом, он не требует предварительного кондиционирования перед помещением на хранение. Вместо этого такие отходы подлежат сушке на заводе по производству фосфора, а затем их упаковывают в контейнеры. Размеры и характеристики таких контейнеров соответствуют параметрам контейнера ISO-688 типа 1CC. Контейнеры для хранения кальцината не оснащены дверцами – вместо этого в их крыше есть три входные закрывающиеся пробкой отверстия. Функции внутренней облицовки контейнера выполняет большой пластиковый мешок. Кроме того, изнутри и снаружи на контейнер нанесен слой высокопрочной краски. Вместимость каждого такого контейнера составляет 30 тонн. При помещении на хранение контейнеры штабелируют в четыре яруса (рис. 6.5).



Рис. 6.5. Пункт хранения РМПП

Здание пункта хранения представляет собой стальной каркас, облицованный плитами из стали. Согласно проекту, данные конструкционные материалы обеспечат 150-летний срок службы установки при условии проведения необходимых мероприятий по ее техническому обслуживанию. Конструкция этого здания также строится на основе модульного принципа, поэтому в будущем хранилище может быть расширено. На данный момент имеется два модуля общей вместимостью 12 000 тонн. Согласно условиям лицензии, к установке может быть пристроено еще пять таких модулей. По состоянию на конец 2013 года на хранении в установке COVRA находилось 238 контейнеров с кальцинатом.

С 2004 года на площадке действует установка для хранения обедненного U₃O₈. Оксид урана хранится в стандартизированных контейнерах объемом 3,5 м³ (DV-70) в специализированном здании модульного типа. Первый модуль, способный принять на хранение 650 контейнеров, был открыт в 2004 году, еще два были введены в эксплуатацию спустя четыре года. В 2011 году строительство здания было полностью завершено, и на данный момент оно состоит из шести модулей для хранения обедненного урана (VOG-1). По состоянию на конец 2013 года в установке находится 3 100 контейнеров. В 2014 году начались работы по возведению второй очереди хранилища VOG-2, состоящей из трех модулей большей вместимости – каждый модуль примет на хранение 2 193 контейнера.



Важно отметить, что в Нидерландах не все РМПП рассматриваются в качестве РАО – часть таких материалов в будущем будет переработана и использована повторно, например, содержащие торий руды и оксиды циркония.

Обращение с ВАО

Реестр ВАО, направляемых на хранение в установку НАВОГ, состоит из тепловыделяющих отходов (остеклованные отходы, образующихся от переработки ОЯТ с АЭС Борсселе и Додеваард, кондиционированное ОЯТ исследовательских реакторов и урановые мишени с установок по производству молибдена) и нетепловыделяющих (корпуса и наконечники ОТВС и различные формы отходов с исследовательских реакторов и установок радиоизотопного производства).

Канистры с ВАО хранятся в вертикальных шахтах, охлаждаемых за счет системы пассивной естественной вентиляции. Отходы находятся в инертной среде (канистры с ОЯТ заполняются гелием, а вертикальные шахты – аргоном, предотвращающим развитие процессов коррозии). При проектировании здания были предусмотрены меры защиты от землетрясений, наводнений, падения воздушного судна и других опасных внешних воздействий с частотой возникновения более чем один раз в миллион лет. Комплекс по обращению с ВАО состоит из трех камер для хранения тепловыделяющих РАО и трех бункеров для хранения нетепловыделяющих РАО (рис. 6.6) Каждая камера способна разместить 135 канистр с остеклованными отходами и 35 канистр с ОЯТ. Вместимость двух бункеров составляет порядка 600 бочек кондиционированных РАО. Согласно условиям лицензии, допускается полная загрузка лишь двух из трех камер или бункеров.

По состоянию на конец 2013 года в НАВОГ размещено 85,6 м³ ВАО и ОЯТ. Полным ходом идет подготовка к сооружению еще двух камер для хранения тепловыделяющих ВАО. Начало строительных работ запланировано на 2015 год.

6.4. Статус проекта по созданию пункта глубинного захоронения

Политика Нидерландов в области обращения с радиоактивными отходами основывается на положениях доклада, направленного Правительством на рассмотрение Парламенту в 1984 году. В этом отчете были рассмотрены два основных вопроса. Первый касался длительного промежуточного хранения всех РАО, произведенных в стране, а второй – национальной стратегии государства в области проведения НИОКР в целях создания пункта окончательной изоляции РАО [3].

Одним из итогов рассмотрения отчета стало учреждение Центральной организации по обращению с РАО (COVRA) и запуск исследовательской программы по захоронению РАО. В ожидании получения результатов исследований и достижения политического и общественного одобрения проекта было решено построить наземную установку достаточной вместимости для обеспечения хранения всего объема РАО, который, согласно прогнозам, будет произведен в стране за следующие 100 лет. По истечении этих 100 лет общество сделает выбор в пользу одной из трех стратегий: продолжить хранение РАО, осуществить окончательное захоронение РАО или использовать новые технологии и методы обращения с РАО, которые станут доступными за время промежуточного хранения.

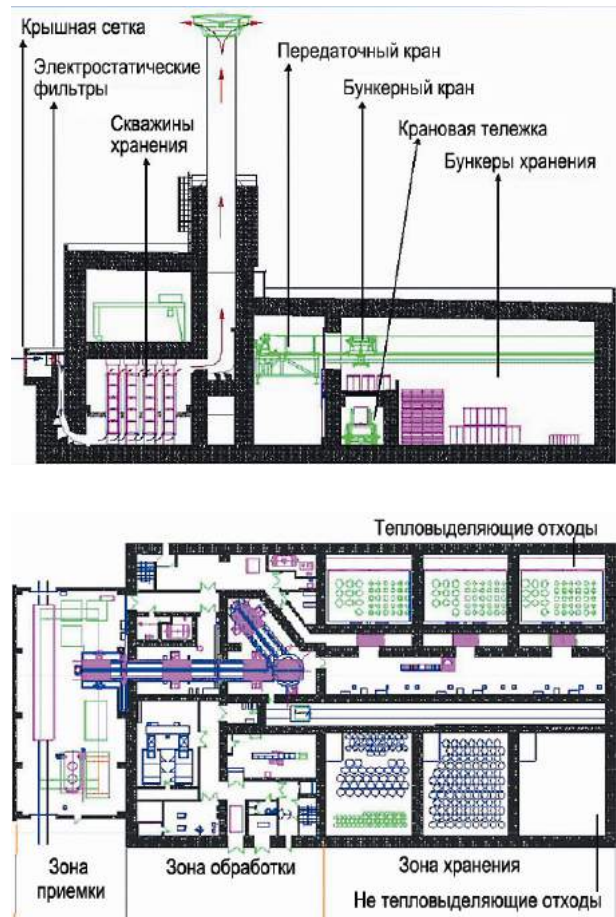
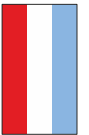


Рис. 6.6. Принципиальная схема устройства комплекса по обращению с ВАО и ОЯТ (НАВОГ)



Политика Нидерландов предусматривает возможность для продления срока наземного хранения РАО, а проектные характеристики пунктов хранения позволят реализовать этот принцип на практике.

Важно отметить, что суммарный объем РАО, хранящихся на данный момент в установках COVRA, составляет всего 28 000 м³. Поэтому на данный момент проект сооружения пункта захоронения для столь малого объема РАО экономически нецелесообразен. В целом можно выделить пять положительных аспектов промежуточного хранения РАО в течение 100 лет:

- за сто лет будет накоплен достаточный фонд средств для реализации проекта захоронения;
- за сто лет тепловыделяющие ВАО охладятся до уровня, при котором система отведения тепла будет не нужна;
- значительный объем отходов распадется и уже не будет относиться к категории РАО, что позволит сократить объем РАО, подлежащих окончательному захоронению;
- НИОКР могут проводиться в условиях отсутствия дефицита времени, а за 100 лет могут появиться новые технологии или будут разработаны инновационные методы обращения с РАО;
- за сто лет может быть реализован проект по созданию международного или регионального пункта захоронения.

При этом по геологическим характеристикам территория Нидерландов считается потенциально пригодной для сооружения пункта геологического захоронения (рис. 6.7): на севере страны располагаются глубокозалегающие соляные формации, а глиняные формации различной мощности представлены повсеместно (на юго-западе Нидерландов – толщи «бумской» глины) [5].

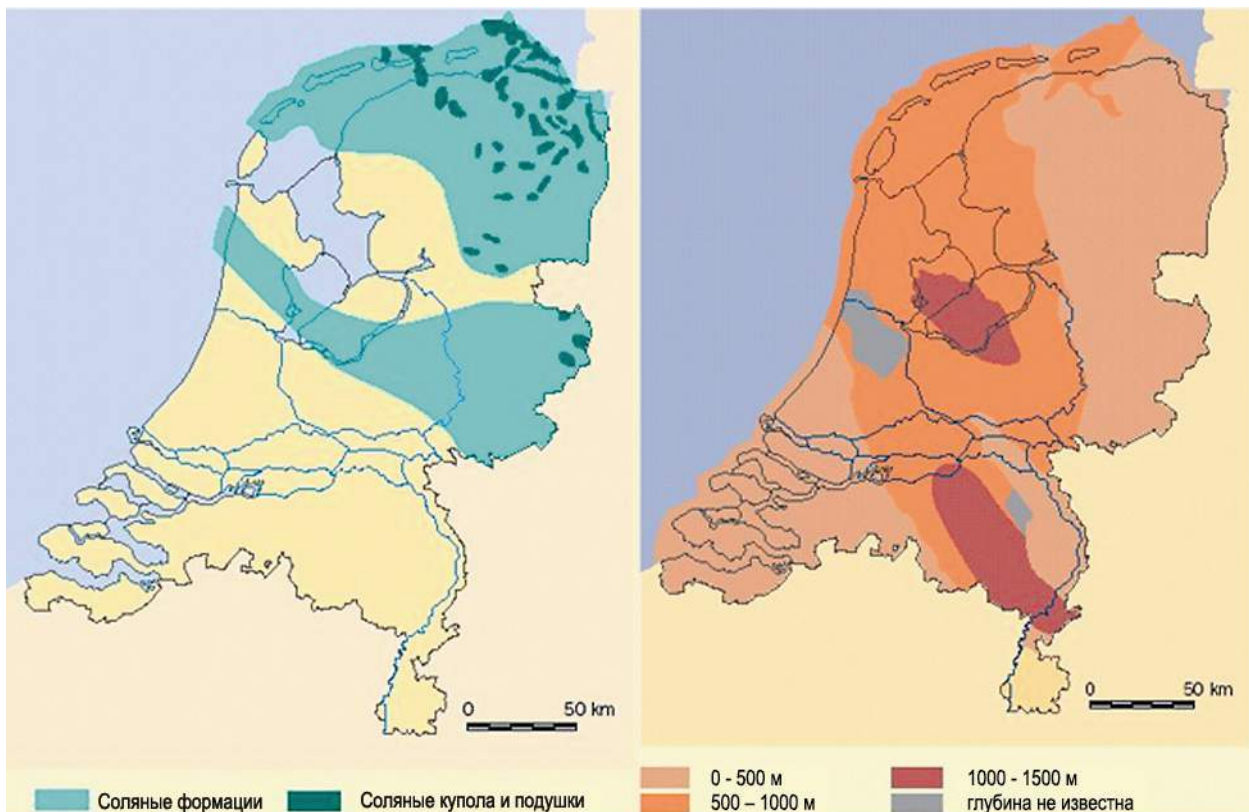


Рис. 6.7. Распределение соляных формаций (слева) и глиняных формаций (справа) на территории Нидерландов

В 1993 году результаты предварительных геологоразведочных исследований показали, что на территории Нидерландов можно произвести безопасное глубинное захоронение РАО в соляных формациях. Однако идея создания подземного захоронения не получила широкой поддержки со стороны населения. Поэтому дальнейшее проведение геологических исследований затянулось, и шансы на то, что пункт захоронения будет построен в течение ближайших нескольких десятилетий, крайне невелики.

В 1993 году Правительство одобрило меморандум о долгосрочном подземном захоронении РАО и других высокотоксичных отходов. Этот документ стал основой национальной политики



государства в области обращения с РАО. Согласно положениям меморандума, любая установка по захоронению РАО должна быть спроектирована таким образом, чтобы процесс захоронения был обратим на любой стадии реализации проекта. Так, следует обеспечить возможность повторного извлечения отходов на протяжении нескольких столетий после закрытия пункта захоронения, что позволило бы будущим поколениям осуществлять обращение с РАО по собственному усмотрению.

В 1995 году была учреждена так называемая комиссия по захоронению РАО – CORA, продолжившая проведение геологических исследований и занявшаяся подготовкой технико-экономического обоснования проекта пункта геологического захоронения радиоактивных отходов в соляных и глинистых формациях с возможностью повторного извлечения отходов. В 2001 году CORA представила результаты проведенного исследования. Ниже приведено несколько выдержек из отчета комиссии:

- реализация концепции повторного извлечения отходов практически осуществима. Проект захоронения предусматривает сооружение множества коротких горизонтальных ячеек, в каждую из которых будет помещена канистра с ВАО;
- критерии безопасности при захоронении РАО в соляных и глинистых формациях могут быть соблюдены, однако затраты на строительство пункта геологического захоронения с возможностью повторного извлечения отходов будут значительно выше в основном из-за того, что на протяжении достаточно продолжительного времени придется осуществлять техническое обслуживание выработок с целью поддержания непрерывного доступа к ним;
- результаты исследования общественного мнения показали, что население считает концепцию захоронения РАО в целом неприемлемой.

В связи с тем, что еще в 1984 году Правительство Нидерландов постановило производить долгосрочное хранение всех отходов в централизованном пункте временного хранения COVRA в течение 50–100 лет, причин для спешки с выбором площадки для захоронения нет. Тем не менее, CORA рекомендовала провести полевые исследования, которые бы позволили подтвердить результаты выполненной ранее оценки безопасности. Так, в июле 2011 года была инициирована третья национальная исследовательская программа по изучению вопросов захоронения РАО – OPERA. За проведение этой программы отвечает COVRA. В рамках программы исследований стоимостью около 10 млн евро* к 2016 году будет подготовлено обоснование безопасности пункта геологического захоронения.

Во исполнение директивы Евроатома по обращению с РАО и ОЯТ** к концу 2015 года Правительство должно разработать национальную программу по обращению с РАО и ОЯТ, которая будет содержать положения относительно стратегии обращения со всеми видами РАО и ОЯТ, а также обязательные требования ко всем стадиям обращения с ОЯТ и РАО с момента их образования и до захоронения [7], в том числе:

- основные цели национальной политики Нидерландов в области обращения с ОЯТ и РАО;
- основные этапы и сроки исполнения работ в рамках реализации основных целей национальной политики, а также распределение функций и ответственности между различными ведомствами и организациями;
- данные о текущем и прогнозируемом реестре ОЯТ и РАО, включая РАО от ВЭ ядерных установок, с указанием точных мест размещения и объемов отходов в соответствии с утвержденной в стране классификацией РАО;
- планы и технологические решения по обращению с ОЯТ и РАО на всех этапах, начиная от их образования до захоронения;
- концепции и планы мероприятий для этапа после закрытия пункта захоронения, включая меры контроля и механизмы, позволяющие обеспечить сохранение знаний;
- программа НИОКР, необходимых для реализации разработанных программ по обращению с ОЯТ и РАО;
- зоны ответственности в рамках исполнения положений национальной программы и ключевые технико-экономические показатели, которые позволили бы контролировать ее исполнение;
- оценка стоимости реализации национальной программы;
- схемы финансирования деятельности, осуществляемой в рамках национальной программы.

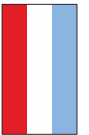
* Финансируется совместно предприятиями атомной промышленности и государством

** Council Directive 2011/70/Euratom



Литература к главе 6

1. OECD/NEA, Radioactive Waste Management Programmes in OECD/NEA Member Countries, Netherlands Profile, Organization for Economic Cooperation and Development/Nuclear Energy Agency 2008.
2. Radioactive Waste Management Stakeholders Map in the European Union, Meritxell Martell & Gianluca Ferraro, European Commission Joint Research Centre Institute for Energy and Transport, Report May 2014.
3. Joint convention on the safety of spent fuel management and on the safety of radioactive waste management, National Report of the Kingdom of the Netherlands for the Fifth Review Conference, October 2014, Ministry of Economic Affairs
4. World Nuclear Association, Storage and Disposal Options, Radioactive Waste Management Appendix 2 (Updated August 2013).
5. World Nuclear Association, National Policies Radioactive Waste Management - Appendix 3 (updated April 2013).
6. OECD/NEA, Radioactive Waste Management Programmes in OECD/NEA Member Countries, Netherlands Report, Organization for Economic Cooperation and Development/Nuclear Energy Agency 2007.
7. Joint convention on the safety of spent fuel management and on the safety of radioactive waste management, National report of the kingdom of the Netherlands. Fourth review conference (May 2012) Ministry of Economic Affairs, Agriculture and Innovation, Ministry of Foreign Affairs.





7. Испания

Стратегия обращения с ОЯТ

Хранение ОЯТ с намерением его последующего размещения в пункте геологического захоронения

Реестр ОЯТ и РАО

Тип РАО	Источник образования	Объем, м ³
ОНАО НАО САО	Эксплуатация АЭС	48 000
	ВЭ АЭС	112 000
	Др. установки	20 000
	Изготовление топлива	1 200
ОЯТ	АЭС	10 200
ДЖ САО и ВАО	АЭС и др.	890

Проект по созданию пункта захоронения

Тип захораниваемых отходов	ОЯТ/ВАО
Тип вмещающих пород	не определено
Глубина захоронения, м	не определено
Возможность повторного извлечения отходов	не определено
Запуск программы НИОКР	1985 г.
Начало работ по поиску площадки	1985 г.
Текущий статус проекта	поиск площадки
Планируемая дата ввода в эксплуатацию	не определено
Плотность населения в стране (в районе размещения), чел/км ²	80
Правовое уместного населения	да
Денежные выплаты муниципалитетам	да
Программа привлечения местного населения	разработана
Площадка расположена вблизи ядерных объектов	-

Подземная исследовательская лаборатория

нет

Организационные аспекты

Орган государственного управления в области обращения с ОЯТ и РАО	Enresa — Национальное агентство по РАО (<i>Empresa Nacional de Residuos Radioactivos</i>) (www.enresa.es)
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 (www.minetur.gob.es)
	CSN — Комитет по ядерной безопасности (<i>Consejo de Seguridad Nuclear</i>) в ведении Министерства промышленности, энергетики и туризма (www.csn.es)
Орган государственного регулирования в области охраны окружающей среды	MAGRAMA — Министерство сельского хозяйства, продовольственного обеспечения и защиты окружающей среды (www.magrama.gob.es/en/)



Первая АЭС в Испании была введена в эксплуатацию в 1968 году, а к настоящему времени в стране эксплуатируется 8 реакторных блоков, которые в 2013 году произвели 56,7 ТВт электричества, что соответствует 20% всей энергии, произведенной в стране за этот период [1].

Ядерно-топливный цикл, осуществляемый в Испании, включает производство ядерного топлива и электроэнергии, а также обращение с радиоактивными отходами. Обогащение урана производится за границей. До 1983 года часть ОЯТ перерабатывалась за границей, однако теперь все ОЯТ размещают в мокрых и сухих хранилищах, находящихся на приреакторных площадках, а ОНАО, НАО и САО, включая РАО, образующиеся в результате проведения работ по выводу из эксплуатации ядерных установок, захоранивают в пункте приповерхностного захоронения Эль Кабрил [1, 2, 3].

7.1. Ведомства, ответственные за реализацию проектов захоронения (рис. 7.1)

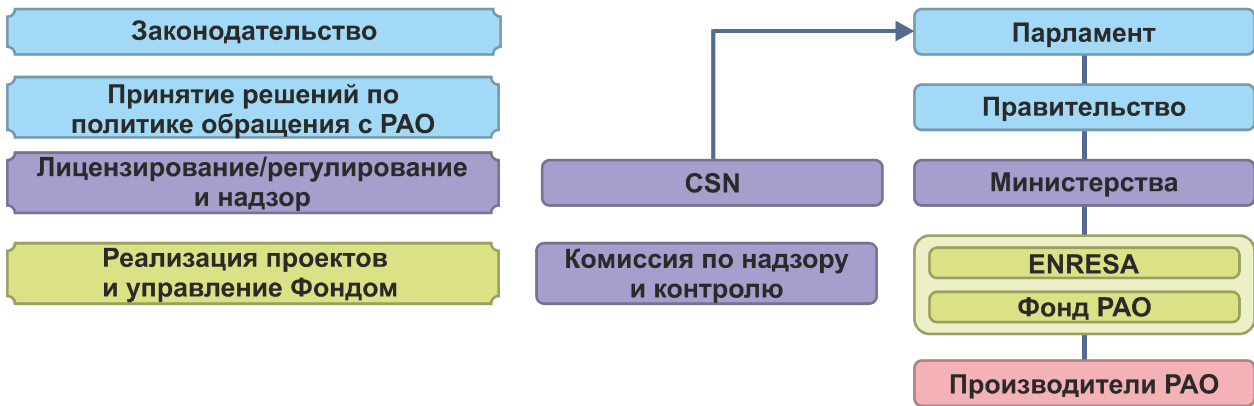


Рис. 7.1. Схема взаимодействия ведомств и организаций, ответственных за реализацию проектов по захоронению РАО

Министерство промышленности, энергетики и туризма (MINETUR), являясь ведущим регулирующим органом в области использования атомной энергии в Испании, отвечает за разработку политики государства в области обращения с радиоактивными отходами, осуществляет надзор за соблюдением законодательства в области использования атомной энергии, а также участвует в процессе лицензирования ядерных установок. Так, MINETUR может принять решение о прекращении или приостановлении действия лицензии или внесении изменений в ее положения. Кроме того, MINETUR занимается разработкой Общего плана по обращению с радиоактивными отходами и направляет его на утверждение Правительству. В состав Министерства входит Генеральное управление по энергетике, политике и горным работам, выступающее в качестве посредника между различными государственными организациями и ведомствами и другими заинтересованными сторонами при согласовании положений политики в области обращения с РАО в Испании. Министерство сельского хозяйства, пищевой промышленности и охраны окружающей среды также участвует в процессе лицензирования ядерных установок, в частности, совместно с CSN (Комитет по ядерной безопасности) несет ответственность за подготовку заключения о воздействии ядерных установок на окружающую среду.

CSN, учрежденный в 1980 году, является независимым компетентным регулирующим органом, решающим вопросы, связанные с обеспечением ядерной безопасности и радиационной защиты. Именно этот орган выдает разрешения на сооружение любых ядерных установок в Испании. CSN функционирует независимо от других государственных ведомств и докладывает непосредственно Парламенту, который на основании полученных от CSN сведений принимает решения об утверждении соответствующих стратегий планирования деятельности в области обращения с РАО.

Национальное агентство по РАО (ENRESA), учрежденное в 1984 году, несет ответственность за обращение с РАО и вывод из эксплуатации ядерных установок в Испании. Это государственная организация, акционерами которой выступают две государственные компании CIEMAT (Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas) и SEPI (Государственный промышленный холдинг Испании). ENRESA выступает в качестве управляющей организации, чья роль заключается в разработке программ по обращению с РАО в соответствии с политикой и стратегией, утвержденными испанским Правительством. Также ENRESA отвечает за:



- обращение с РАО, а также за их обработку и кондиционирование (только в отдельных случаях, например, если РАО поступают от организаций, производящих малые объемы отходов);
- проектирование, сооружение и эксплуатацию централизованных установок для хранения и захоронения;
- организацию соответствующих систем по сбору, передаче и транспортировке РАО;
- вывод из эксплуатации и демонтаж ядерных установок по окончании срока их службы, а также проведение работ по восстановлению качества окружающей среды на загрязненных площадках;
- кондиционирование отходов уранового производства и хвостохранилищ;
- оказание поддержки службам гражданской обороны в случае возникновения ядерных аварий;
- разработку планов НИОКР и координацию всех работ в этой области;
- управление Фондом РАО.

Каждые четыре года ENRESA подготавливает и направляет на утверждение Министерству промышленности Генеральный план по обращению с РАО. После чего План направляется на рассмотрение Парламенту. Первый Генеральный план вышел в 1987 году, а последний – в 2013 году.

АМАС (Испанская ассоциация муниципалитетов, расположенных в регионах с ядерными установками) охватывает 66 муниципалитетов, находящихся в 10-километровом радиусе от АЭС. АМАС выступает в качестве связующего звена между государственными ведомствами, отвечающими за обращение с РАО (Министерство промышленности, ENRESA, CSN), и местными жителями.

7.2 Классификация и реестр РАО

Согласно испанской классификации, все РАО делятся на пять категорий: очень низкоактивные, низкоактивные, среднеактивные, высокоактивные и особые РАО [4, 5].

Низкоактивные и среднеактивные отходы – это радиоактивные отходы с невысоким уровнем удельной активности бета-/гамма-излучателей и периодом полураспада менее 30 лет. Содержание альфа-излучающих радионуклидов ограничено 0,1 Ки/т (3 700 Бк/кг).

Высокоактивные отходы – это РАО с высоким уровнем удельной активности короткоживущих радионуклидов, содержащие значительные концентрации долгоживущих радионуклидов и характеризующиеся высоким уровнем тепловыделения.

В соответствии с Руководством Совета по ядерной безопасности о критериях безопасности установок для временного хранения ОЯТ и ВАО к категории особых РАО относятся: нейтронные источники, использованные инструменты и заменяемые компоненты активной зоны реактора (в основном из металла) и другие РАО, радиологические характеристики которых не допускают их захоронения в действующих приповерхностных установках.

В 2012 году реестр накопленных кондиционированных ОНАО, НАО и САО насчитывал порядка 1 956 м³ отходов, а суммарный объем кондиционированных отходов этих категорий, захороненных в пункте окончательной изоляции на конец того же года составил 33 720 м³. К концу 2012 года в пунктах хранения ОЯТ находилось 12 906 топливных сборок (около 4 225 метрических тонн) при общей заполненности приреакторных бассейнов выдержки 82% [1].

Согласно оценкам при текущей установленной мощности и сорокалетнем проектном сроке службы реакторных блоков прогнозируемый суммарный объем накопления ОНАО, НАО и САО должен составить порядка 181 000 м³, а ВАО (в том числе ОЯТ и остеклованных ВАО) – порядка 6 700 тонн. К этим объемам также следует добавить еще около 890 м³ долгоживущих не тепловыделяющих РАО. [1].

7.3. Установки для обращения с РАО

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

В настоящее время ОЯТ хранится на площадках АЭС, за исключением АЭС Vandellos-1, так как топливо с этой станции было вывезено на переработку во Францию. Сейчас идет полномасштабная подготовка к началу сооружения централизованного пункта промежуточного хранения ОЯТ в муниципалитете Вильяр-де-Каньяс (провинция Куэнке), расположенном в 135 км от Мадрида. Строительные работы, как ожидается, займут около 5 лет. Согласно текущим планам, на строительство установки планируется потратить не более 218 млн евро. Время хранения ОЯТ составит 60 лет – именно к этому сроку планируется ввести в эксплуатацию национальный пункт геологического захоронения ОЯТ и ВАО [6].



На поиск площадки для размещения пункта хранения у Правительства ушло около 6 лет (с апреля 2006 года по декабрь 2011 года). Основным побудительным мотивом для создания мощностей для промежуточного хранения ОЯТ и ВАО стала необходимость срочного размещения ВАО, образовавшихся в результате переработки испанского ОЯТ во Франции, во избежание уплаты штрафов, предусмотренных положениями двухстороннего соглашения. Для решения этой проблемы Правительство Испании предложило построить пункт промежуточного хранения ОЯТ и ВАО, а также САО, образующихся в результате вывода из эксплуатации АЭС. В достижении общественного одобрения проекта значительную роль сыграло участие в процессе АМАС. Кроме того, Министерством промышленности была учреждена специальная межведомственная комиссия, основной задачей которой стало проведение диалога с общественностью на национальном уровне и привлечение местного населения к процессу проектирования установки и выбора площадки для ее сооружения. Спустя 3,5 года реализации программы взаимодействия с общественностью в местные советы восьми муниципалитетов были направлены письма с призывом принять добровольное участие в процессе выбора площадки для строительства пункта захоронения. В результате 30 декабря 2011 года Правительство утвердило площадку в Вильяр-де-Каньяс для размещения установки. В октябре 2012 года начались работы по характеристике площадки, проведение которых продолжится до момента запуска установки в 2018 году. В апреле 2013 года началась разработка детализированного проекта. Ожидается, что объект сможет принять на хранение около $13 \cdot 10^4$ м³ РАО, из которых 10^4 м³ придется на ОЯТ, а остальной объем – на НАО и САО, не пригодные для захоронения в пункте захоронения Эль Кабрил.

В январе 2015 года был определен подрядчик, который окажет поддержку Enresa в разработке проекта установки: контракт на сумму 3,1 млн евро был присужден двум проектно-конструкторским компаниям Tecnatom и Gas Natural Fenosa. Согласно положениям контракта, проект установки будет готов к июню 2018 года.

В соответствии с законодательством Испании, площадка, отведенная под строительство комплекса, будет разделена на две зоны: в одной будут размещены различные установки по обращению с ядерными материалами, так называемый «ядерный островок», а в другой – административные корпуса.

Данный комплекс предназначен для обеспечения безопасного хранения ОЯТ и других высоко- и среднеактивных отходов. Хранение ОЯТ и РАО будет производиться в нескольких сообщающихся сооружениях. Общая протяженность всего комплекса сооружений, включающего 12 камер хранения, сгруппированных в 6 модулей, составит около 280 м, ширина – 37 м, а высота – 26 м. Вытяжные трубы системы естественной вентиляции возвышаются на 19 м над крышами зданий. Таким образом, их высота составляет 45 м. На рис. 7.2 показана схема расположения основных секций пункта хранения.

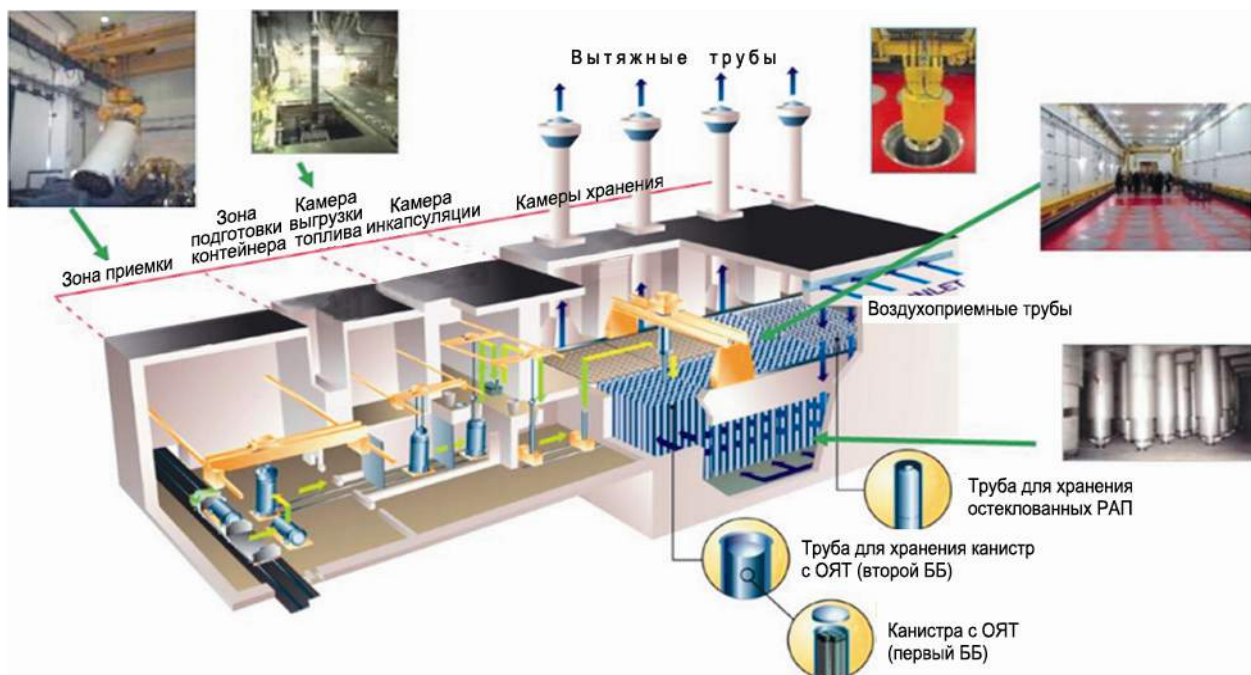


Рис. 7.2. Концепция хранения ОЯТ и ВАО в Вильяр-де-Каньяс



Помимо пункта хранения ОЯТ и ВАО на территории площадки также будут возведены следующие установки:

- модульное хранилище САО (19 x 50 x 12 м);
- хранилище не разделанных ОТВС;
- зона технического обслуживания для выполнения манипуляций с транспортировочными комплектами, используемыми для транспортировки ОТВС (пристройка к зданию пункта хранения ОЯТ со стороны зоны приемки);
- лаборатория по исследованию ОЯТ и РАО;
- здания общего назначения (административные корпуса (архив, столовая, лекторий и т.п.), установки очистки воды, электростанция, пункт метеорологических наблюдений и т.п.).

Пункт захоронения НАО и САО (Эль Кабрил)

С 1992 года в Испании ведется эксплуатация приповерхностного пункта захоронения НАО и САО Эль Кабрил (рис. 7.3), расположенного в муниципалитете Хорначуэло на северо-западе провинции Кордоба. Работы по подготовке к созданию установки стартовали в 1986 году, строительные работы начались в январе 1990 года, а в октябре 1992 года объект принял на захоронение первые партии отходов. Данный комплекс был построен на территории старого рудника, где с 1961 года производилось захоронение небольших объемов НАО. Новый комплекс был рассчитан на прием 50 000 м³ некондиционированных РАО или 35 000 м³ кондиционированных РАО.



Рис. 7.3. Приповерхностный пункт захоронения Эль Кабрил

Центр состоит из трех зон: две отведены под захоронение ОНАО и низко- и среднеактивных отходов, одна – для проведения операций по кондиционированию отходов. Также на территории центра размещена лаборатория по определению качества отверженных РАО [1]. Согласно принятой стратегии захоронения, система множественных барьеров безопасности пункта захоронения включает следующие элементы (рис. 7.4):

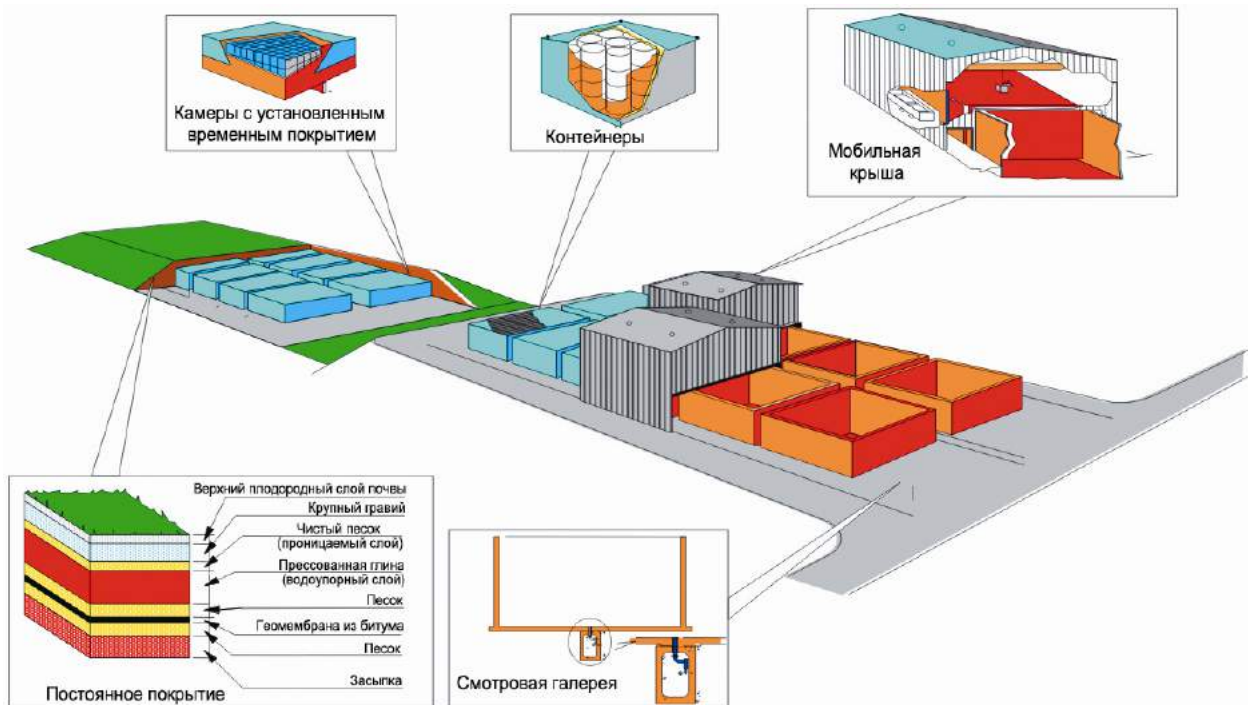


Рис. 7.4. Концепция захоронения НАО и САО в пункте захоронения El Cabril





- первый барьер представлен матрицей, иммобилизующей отходы, и контейнерами из бетона;
- второй барьер – это бетонные плиты пола камер захоронения, верхнее многослойное покрытие и система контроля инфильтрации, позволяющая контролировать и ограничивать приток поверхностных вод в установку;
- третий барьер – геологический, благодаря которому в случае деградации первых двух барьеров и выщелачивания отходов любые потенциальные воздействия будут ограничены.

Перед захоронением отходы отверждают, а получившиеся 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 (табл. 7.1). 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. Согласно текущим оценкам и темпам размещения РАО, Эль Кабрил сможет принимать отходы вплоть до 2020 года [2, 3].

Табл. 7.1. Реестр РАО, размещенных на площадке Эль Кабрил (по состоянию на конец 2013 года)

	Объем ОНАО, м ³	Объем НАО и САО, м ³
Временное хранение	570	586
Захоронение	7 612	29 602

Участие общественности в проектах по созданию пунктов хранения и захоронения

В Испании общественность принимает непосредственное участие в процессе принятия решений по лицензированию ядерных установок и подготовке заявлений о воздействии на окружающую среду. Опыт прошлых лет показывает, что, несмотря на достаточно низкий уровень поддержки на общенациональном уровне, активное проведение региональных информационных кампаний позволило в отдельных муниципалитетах добиться существенного повышения уровня общественного доверия в области ядерных технологий. Обязательными составляющими проводимых в Испании информационных кампаний являются учреждение муниципальных информационных комиссий на этапе выбора площадки для строительства установки, создание информационных центров, использование местных медиа-ресурсов в целях информирования местного населения. Эти меры сыграли важную роль при выборе площадки для пункта захоронения Эль Кабрил, АЭС Vandellós I, а также в рамках проекта по закрытию урановой шахты Andújar. С другой стороны, опыт показывает, что отсутствие взаимодействия с общественностью сказывается крайне негативно на реализации ядерных проектов. Так, например, попытки найти площадку для размещения подземной исследовательской установки (1987 год) и составить перечень наиболее предпочтительных площадок для строительства пункта геологического захоронения ОЯТ закончились ничем именно из-за решительной оппозиции местных жителей.

Согласно пятому Общенациональному плану по обращению с радиоактивными отходами, любая деятельность, связанная с выбором площадки для строительства пункта захоронения, должна включать меры по взаимодействию с общественностью, в том числе проведение информационных кампаний. Сразу после создания ENRESA в 1990 году была разработана и утверждена Первая программа по взаимодействию с общественностью, призванная в первую очередь повысить уровень общественного одобрения проекта по созданию пункта захоронения Эль Кабрил. На сегодняшний день реализуется Третья программа по взаимодействию с общественностью, принятая в 1998 году, основной упор в которой делается на следующих составляющих информационной кампании:

- предоставление объективной всеобъемлющей информации различным слоям населения;
- инструктаж студентов, обучающихся на соответствующих направлениях, по вопросам взаимодействия с общественностью;
- соблюдение законодательных требований, регулирующих порядок предоставления денежных компенсаций муниципалитетам, расположенным в непосредственной близости от установок ENRESA;
- взаимодействие с местными органами власти в целях совершенствования и развития инфраструктуры в тех регионах, где размещены установки ENRESA.

В целях информирования общественности в регионах размещения установок ENRESA были созданы информационные центры, где любой желающий сможет получить дополнительную ин-





формацию по всем вопросам, касающимся ядерных установок и обращения с РАО. Привлечение СМИ, а именно: публикация новостей, отчетов, проведение семинаров с участием журналистов, а также организация радио- и теледебатов, является неотъемлемой частью информационных кампаний, реализуемых ENRESA.

7.4. Статус проекта по созданию национального пункта захоронения ОЯТ и ВАО

Стратегия Испании в области обращения с ОЯТ и ВАО на сегодняшний день – промежуточное хранение, а основная деятельность, реализуемая в этой области, направлена на выделение дополнительных площадей для хранения ОЯТ и ВАО при условии обеспечения эксплуатационной безопасности АЭС [1]:

- работы по освобождению свободного места в приреакторных бассейнах выдержки путем декантации были завершены в 1999 году на всех АЭС, за исключением АЭС Кофрентес (Cofrentes), где потребовалось повторное проведение работ по декантации (завершены в 2009 году);
- в эксплуатацию сданы дополнительные мощности для хранения ОЯТ на приреакторных площадках – открыты три новых сухих хранилища на АЭС Trillo (2002 год), José Cabrera (2009 год) и Ascó I (2013 год);
- проводятся работы по оптимизации инфраструктуры системы промежуточного хранения, в том числе идет подготовка к началу строительных работ в Вильяр-де-Канас, где будет размещен пункт централизованного промежуточного хранения (CISF) ОЯТ и ВАО, возвращенных после переработки ОЯТ за границей. В данной установке также будут размещены долгоживущие САО, которые нельзя захоронить в Эль Кабрил.

Одновременно с этим испанские специалисты продолжают исследовать возможность строительства пункта глубинного геологического захоронения. Работы проводятся с 1985 года по четырем основным направлениям:

- исследования, направленные на разработку программы по выбору площадки (завершены в 2006 году), позволили получить необходимую информацию, свидетельствующую о том, что на территории страны широко распространены геологические формации, пригодные для сооружения пункта глубинного захоронения: граниты, глины и соль;
- разработка концептуальных проектов установок по окончательной изоляции для каждого типа вмещающих пород;
- разработка оценок безопасности для различных концептуальных проектов, которые бы обобщили все знания, полученные в ходе уже выполненных работ и реализации различных проектов на разных этапах НИОКР;
- усовершенствование планов по проведению НИОКР и их адаптация к национальной программе обращения с ОЯТ и ВАО. Участие испанских специалистов в международных исследовательских проектах и проведение исследований в зарубежных ПИЛ.

НИОКР, направленные на разработку концепции глубинного захоронения ОЯТ и ВАО, стартовали еще в 1986 году. Тогда было разработано несколько программ, каждая продолжительностью пять лет. Сейчас реализуется седьмая программа, рассчитанная на период с 2014 по 2018 год. При этом основные усилия специалистов направлены на совершенствование техник обращения со всеми видами РАО – от низко- и среднеактивных до ОЯТ и ВАО, включая этапы вывода из эксплуатации ядерных установок и их демонтажа, и кончая работами по рекультивации и реабилитации радиоактивно загрязненных промышленных площадок. Всего можно выделить четыре группы НИОКР [6]:

- технологии обращения с РАО;
- обработка и кондиционирование РАО, демонтаж ядерных установок;
- материалы и системы, отвечающие за обеспечение функций изоляции и удержания в пунктах захоронения;
- оценка эксплуатационных показателей, безопасности, радиологической защиты и моделирование.

На данный момент в Испании в рамках проекта по созданию пункта захоронения ОЯТ и ВАО проводятся следующие работы:

- разработка документов, обобщающих все современные знания в области геологического захоронения РАО;
- анализ проектов сооружения пункта захоронения в каждом типе вмещающих пород;





- пересмотр и обновление сведений, представленных в оценках безопасности по каждому типу вмещающих пород, на основании последних результатов НИОКР, изменений, внесенных в проекты, а также новой информации, полученной испанскими специалистами в ходе участия в международных проектах.

Литература к главе 7

1. OECD/NEA, Radioactive Waste Management Programmes in OECD/NEA Member Countries, Spain Profile, Organization for Economic Cooperation and Development/Nuclear Energy Agency, 2013.
2. World Nuclear Association, Storage and Disposal Options, Radioactive Waste Management Appendix 2 (Updated August 2013).
3. World Nuclear Association, National Policies Radioactive Waste Management - Appendix 3 (updated April 2013).
4. Criteria for establishing harmonized categories of waste based on the storage or disposal route, European Commission, EUR17240, Final Report 1996.
5. Fifth Spanish National Report for the Fifth Review Meeting in the frames of the Joint Convention on the Safety of Spent Fuel Management and on the Safety of Radioactive Waste Management, October 2014
6. Progress in Siting Nuclear Waste Facilities, Fuel Cycle Research and Development, Prepared for U.S. Department of Energy Nuclear Fuels Storage and Transportation Planning Project, Laura L. Price, Rob P. Rechard, Sandia National Laboratories, September 2014
7. Waste processing and geological disposal: Where do we stand?, EUROSAFE TRIBUNE, Towards Convergence of Technical Nuclear Safety Practices in Europe, July 2014
8. The management of radioactive waste: A description of ten countries, Rolf Lidskog & Ann-Catrin Andersson, Svensk Kärnbränslehantering AB (SKB)





8. Канада

Стратегия обращения с ОЯТ

Прямое захоронение ОЯТ без предварительной переработки

Реестр РАО и ОЯТ

Тип РАО	Объемы накопления по состоянию на конец 2010 г., м ³	Прогнозные объемы накопления к 2050 г., м ³
ОЯТ	9 075	20 000
САО	32 906	67 000
НАО	2 338 000	2 594 000

Проекты по созданию пунктов захоронения

Тип захораниваемых отходов	НАО/САО (Кинкардин)	ОЯТ/ВАО
Тип вмещающих пород	известняк	магматические
Глубина захоронения, м	680	500 – 1 000
Возможность повторного извлечения отходов	да	да
Запуск программы НИОКР	2001 г.	1984 г.
Начало работ по поиску площадки	2001 г.	2010 г.
Текущий статус проекта	рассмотрение заявки регулятором	поиск площадки, скрининговые исследования
Планируемая дата ввода в эксплуатацию	2019 г.	2035 г.
Плотность населения в стране (в районе размещения), чел/км ²	3,4 (20,8)	3,4
Право вето у местного населения	да	
Денежные выплаты муниципалитетам	да	
Программа привлечения местного населения	разработана	
Площадка расположена вблизи ядерных объектов	да	не известно

Подземная исследовательская лаборатория

Название	АЕСЛ
Тип ПИЛ	ОН
Тип пород	гранит
Глубина, м	240 – 420
Период эксплуатации	1984 – 2006 гг.

Организационные аспекты

Орган государственного управления в области обращения с ОЯТ и РАО	NRCan (Министерство природных ресурсов Канады) (www.nrcan-rncan.gc.ca)
Организация, ответственная за реализацию проекта по захоронению ОЯТ и РАО (разработка проекта, НИОКР, лицензирование, строительство)	NWMO (Организация по обращению с РАО) (www.nwmo.ca)
Эксплуатация ПЗ	OPG (Компания Онтарио Пауэр Дженерейшн) (www.opg.com)
Основные регулирующие органы	
Орган государственного регулирования безопасности в области атомной энергии	CNSC (Комиссия по ядерной безопасности Канады) (www.cnscccsn.gc.ca)
Орган государственного регулирования в области охраны окружающей среды	Министерство по охране окружающей среды Канады (www.ec.gc.ca)
Орган государственного регулирования в области радиационной защиты	Министерство здравоохранения (www.hc-sc.gc.ca)



Атомная энергетика занимает ключевое место в энергоснабжении Канады – из 22-х реакторных блоков CANDU, эксплуатируемых государственными и частными компаниями в провинциях Онтарио (20), Квебек (1) и Нью-Брансуик (1), на полной мощности работают 17 блоков, генерирующих в общей сложности порядка 15% электроэнергии страны. За 2013 год канадские АЭС произвели порядка 102,8 млрд кВт электроэнергии. В провинции Онтарио атомные станции вырабатывают почти 55% всей электроэнергии, в Нью-Брансуике – около 25%, а в Квебеке – 3%.

Кроме того, Канада стоит на втором месте по добыче урана (18% от объема мировой добычи). Согласно оценкам экспертов, при текущих темпах добычи разведённых урановых ресурсов общим объемом 468 000 тонн должно хватить еще, по крайней мере, на 40 лет [1]. По этой причине в рамках текущей стратегии Канады в области обращения с РАО отработавшее топливо подлежит прямому захоронению, а возможность его переработки не рассматривается вовсе.

8.1. Ведомства, ответственные за реализацию проектов захоронения

Роли и зоны ответственности ключевых участников программ по созданию пунктов геологического захоронения определены в соответствии с нормативным документом «Основы политики в области обращения с РАО», утвержденным Правительством Канады в 1996 году. В соответствии с этим документом:

- Правительство несет ответственность за разработку политики в области обращения с РАО, а также контролирует соблюдение производителями и владельцами РАО финансовых и эксплуатационных требований в целях обеспечения реализации долгосрочных планов государства по обращению с РАО. Непосредственно разработкой самой политики в области обращения с РАО занимается Министерство природных ресурсов Канады (NRC);
- владельцы РАО в соответствии с принципом «загрязняющий платит» несут ответственность за финансирование и организацию работ, выполняемых на установках по обращению с РАО;
- Комиссия по ядерной безопасности Канады (CNSC) – независимый регулирующий орган, ответственный в соответствии с законом «О ядерной безопасности и контроле» за регулирование безопасности в области использования атомной энергии;
- NWMO – организация по обращению с РАО, учрежденная в 2002 году в соответствии с законом «О ядерных отходах и ОЯТ» компаниями Онтарио Пауэр Дженерейшн, Гидро-Квебек и Энергетической корпорацией Нью-Брансуик в сотрудничестве с компанией AECL. На NWMO возложена ответственность за проведение исследований и изучение вопросов хранения и захоронения РАО. Кроме того, в обязанности NWMO входит предоставление рекомендаций Правительству и исполнение правительственных решений [2, 3].

8.2. Классификация и реестр РАО

Канадская система классификации РАО основывается на положениях норм безопасности МАГАТЭ, изложенных в документе «Classification of Radioactive Waste» GSG-1 [4]. В рамках канадского законодательства можно выделить четыре категории РАО: высокоактивные отходы, низкоактивные отходы и среднеактивные отходы, а также отходы хвостохранилищ (табл. 8.1).

Табл. 8.1. Реестр РАО в Канаде [4]

Категория РАО	По состоянию на конец 2010 года, м ³	Прогнозные объемы образования РАО к 2050 году, м ³
ОЯТ	9 075	20 000
САО	32 906	67 000
НАО	2 338 000	2 594 000

Категория НАО и САО делится на три класса [1]:

- *эксплуатационные отходы*, образующиеся в результате текущей эксплуатации атомных электростанций;
- *РАО ядерного наследия*, образовавшиеся с 1944 г. до 1 апреля 2006 года в ходе осуществления программ научных исследований и разработок, проводимых в оборонных и мирных целях Национальным комитетом по исследованиям (National Research Council) и в дальнейшем AECL;
- *исторические отходы*, обращение с которыми в прошлом (1930-е – 1950-е гг.) осуществлялось с нарушением действующих на сегодняшний день требований безопасности и чей владелец



больше не в состоянии нести ответственность за дальнейшее обращение с такими РАО. Реестр исторических отходов в основном представлен вторичными продуктами переработки урановых руд, содержащими уран и радий, а также грунтом, преимущественно загрязненным радием, ураном, мышьяком и тяжелыми металлами. Более 90% всего объема исторических отходов приходится на район Порт Хоуп в провинции Онтарио. К концу 2010 года объем исторических РАО (в основном загрязненной почвы) составил 1 721 000 м³.

Высокоактивные отходы – это отработавшее топливо, признанное РАО, или иные отходы, обладающие высоким уровнем тепловыделения (обычно более 2 кВт/м³).

В целом четыре канадские энергетические компании производят порядка нескольких сотен кубических метров ОЯТ в год. В настоящее время осуществлять переработку ОЯТ атомных станций не планируется. До момента ввода в эксплуатацию пункта геологического захоронения все ОЯТ будет направляться на долгосрочное хранение [1].

Отдельной категорией РАО в Канаде являются закрытые урановые рудники и хвостохранилища. Большая часть таких объектов расположена в провинциях Онтарио и Саскачеван. К концу 2010 года реестр РАО урановых рудников и хвостохранилищ насчитывал порядка 13,3 млн тонн сухого загрязненного материала, а суммарные объемы отходов этой категории, приходящиеся как на действующие, так и на уже закрытые урановые рудники, оценивались на уровне 214 млн тонн.

8.3. Пункты централизованного хранения ОЯТ и РАО

В Канаде имеется три установки для централизованного хранения РАО (табл. 8.2):

- в Западной установке по обращению с РАО (WWMF), эксплуатация которой ведется с 1974 года, хранятся все НАО и САО, образовавшиеся в результате работы 20 реакторных блоков, принадлежащих компании OPG, некоторые из которых были арендованы компанией Брюс Пауер. Кроме того, на данной установке осуществляется сухое хранение ОЯТ, поступившего с реакторов, принадлежащих компании Брюс;
- на установке по обращению с РАО Пикеринг осуществляется сухое хранение ОЯТ и САО с реакторов АЭС Пикеринг. Сейчас компания OPG строит вторую очередь пункта хранения;
- на установке по обращению с РАО Дарлингтон осуществляется сухое хранение ОЯТ с реакторов АЭС Дарлингтон.

Ответственность за НАО и САО, которые на данный момент находятся в поверхностных хранилищах, несут операторы ядерных установок и компания AECL [2, 3, 5].

Табл. 8.2. Реестр РАО, размещенных в пунктах централизованного хранения (по состоянию на конец 2013 года)

	ОЯТ	САО	НАО
WWMF	360 182 ОТВС (6 833 453 кг урана)	11 850 м ³ (56 702 ТБк)	83 880 м ³ (86 ТБк)
Площадка Пикеринг	270 804 ОТВС (5 379 586 кг урана)	2 210 м ³ (127 155 ТБк)	-
Площадка Дарлингтон	120 151 ОТВС (2 289 416 кг урана)	-	-

Западная установка по обращению с РАО

Уже на протяжении более 40 лет Западная установка по обращению с РАО (WWMF) обеспечивает промежуточное хранение и переработку всего объема НАО и САО, образующихся в результате эксплуатации 20 реакторных блоков, принадлежащих компании OPG. Кроме того, на площадке имеется установка для сжигания, позволяющая сократить объем НАО, направляемых на хранение (рис. 8.1).

НАО, на которые по объему приходится около 90% всех РАО, поступающих на площадку, разделяют на три категории: отходы, подлежащие сжиганию; НАО, направляемые на прессование; и отходы, не подлежащие переработке. Около 50–70% НАО направляют на установку сжигания. Образующаяся в результате сжигания зола транспортируется в расположенный на площадке пункт хранения. 10–20% НАО подвергается прессованию. Все САО относят к категории отходов, не подлежащих переработке. Таким образом, на эту категорию приходится около 25% всех принимаемых WWMF отходов, которые занимают порядка 55% объема пункта хранения. В месяц на хранение поступает около 450 м³ НАО и САО.





Рис. 8.1. Схема размещения основных установок на территории WWMF

Периодически масла, загрязненные радиоактивными веществами, а также жидкие НАО отправляют на установку сжигания в США, а полученную в результате золу транспортируют на хранение в WWMF.

По состоянию на конец 2013 года около 84 000 м³ НАО хранится на территории WWMF в наземных сооружениях. На сегодняшний день насчитывается 11 таких сооружений. Хранение осуществляется в штабелируемых контейнерах из углеродистой стали. Порядка 12 000 м³ САО находятся на хранении в поверхностных и приповерхностных экранированных сооружениях.

На площадке организован постоянный мониторинг пунктов хранения РАО, и при необходимости отходы могут быть извлечены из хранилищ в любой момент. Минимальный срок эксплуатации всех сооружений на площадке составляет 50 лет.

Согласно оценкам специалистов компании ORG, прогнозные объемы ежегодного образования НАО и САО составляют порядка 5 000 – 7 000 м³, а за счет сжигания и прессования объем отходов, направляемых в пункты хранения WWMF, может сокращаться до 2 000 – 3 000 м³.

Кроме того, с февраля 2003 года на территории WWMF действует пункт сухого хранения ОЯТ вместимостью около 750 000 ОТВС (2 000 контейнеров) с АЭС Брюс. ОЯТ хранится в двухцелевых бетонных контейнерах. Имеющиеся мощности позволяют принимать на сухое хранение порядка 130 контейнеров (или около 50 000 ОТВС) в год.

Пикерингская установка по обращению с РАО (PWMF)

Территорию площадки Пикерингской установки по обращению с РАО можно разделить на две зоны: зону сухого хранения ОЯТ и зону хранения элементов активной зоны, образовавшихся в результате работ по замене труб контура блока А АЭС Пикеринг (рис. 8.2). Первая зона состоит из здания предварительной обработки ОТВС и трех сооружений для сухого хранения. Пикерингская система сухого хранения ОЯТ была разработана с целью перевода ОЯТ из мокрых хранилищ площадки на сухое хранение в бетонных контейнерах, спроектированных специалистами компании ORG. На рис. 8.3 показана технологическая схема обращения с ОЯТ перед его направлением на сухое хранение. В год через Пикерингскую установку проходит порядка 50 контейнеров для сухого хранения ОЯТ (или 19 200 ОТВС). Два здания первой очереди хранилища способны вместить до 650 контейнеров для сухого хранения ОЯТ, что эк-



Рис. 8.2. Пикерингская установка по обращению с РАО (контейнерное хранилище элементов активной зоны реактора (слева), хранилище ОЯТ (справа))



вивалентно 249 600 ОТВС. Вторая очередь хранилища будет состоять из двух зданий, способных разместить 1000 контейнеров для сухого хранения. На данный момент построено лишь одно здание второй очереди.

Канада

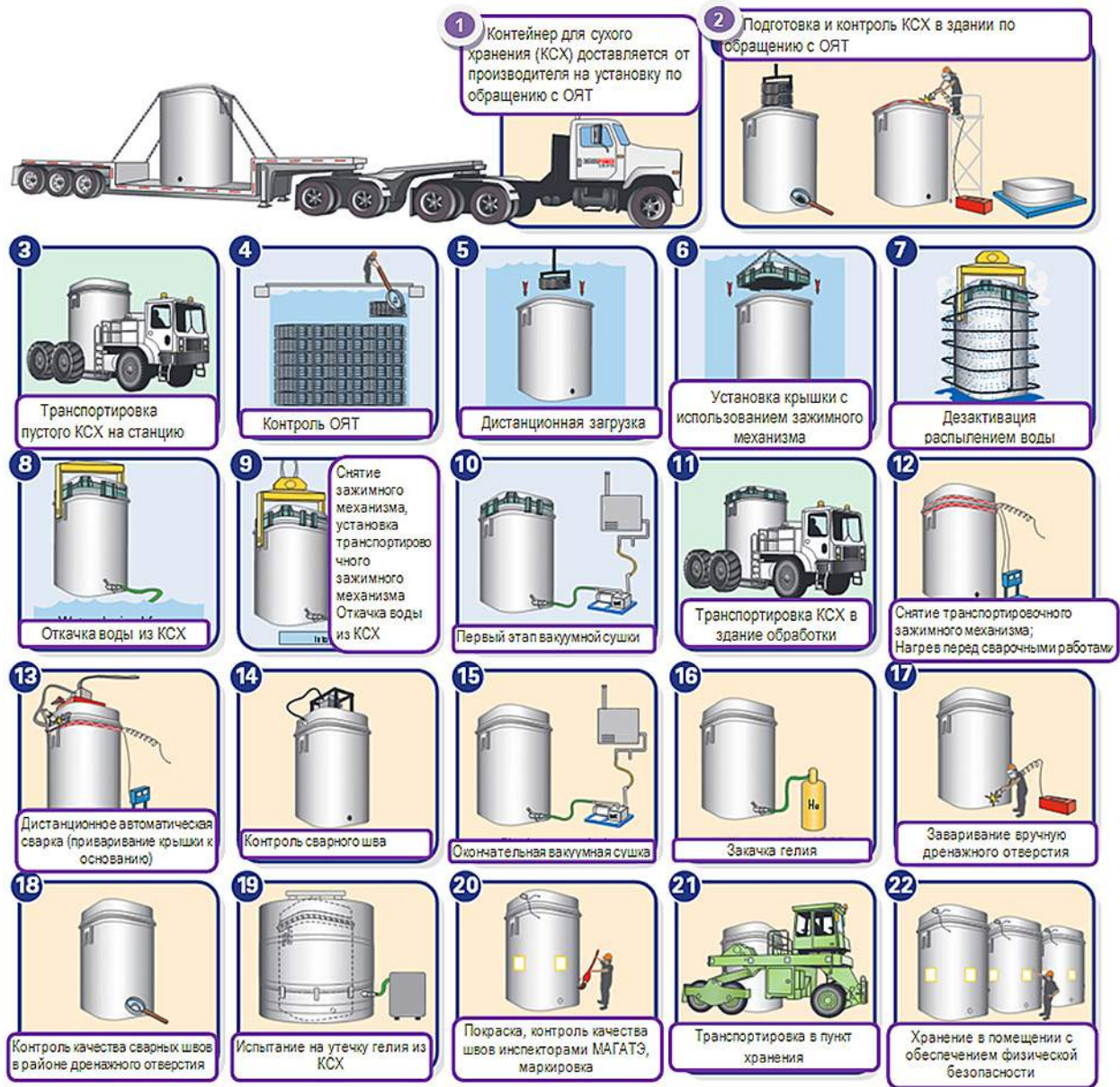


Рис. 8.3. Технологическая схема обращения с ОЯТ перед его направлением на хранение

Вторая зона Пикерингской установки отведена под хранение элементов активной зоны реактора, размещаемых в модулях сухого хранения – цилиндрических контейнерах из тяжелого армированного бетона. На данный момент полностью заполнено 34 контейнера. Также имеется два пустых контейнера и оставлено место для сооружения еще двух контейнеров.

Дарлингтонская установка по обращению с РАО (DWMF)

DWMF, расположенная на площадке АЭС Дарлингтон, предназначена для обеспечения безопасного хранения ОЯТ с реакторов АЭС Дарлингтон до момента их передачи на окончательную изоляцию в пункт геологического захоронения. DWMF включает комплекс по обращению с ОЯТ и один пункт сухого хранения ОЯТ, способный вместить 500 контейнеров. В будущем планируется построить еще два дополнительных пункта хранения общей вместимостью до 576 000 ОТВС. ОЯТ хранится в специальных двухцелевых контейнерах из бетона, подобных тем, что используются для сухого хранения ОЯТ на WWMF и PWMF. Мощностей DWMF хватает для подготовки к хранению около 60 контейнеров (или 23 040 ОТВС) в год.



8.4. Статус проектов по созданию пунктов геологического захоронения

Захоронение ОЯТ и ВАО. Концепция адаптивного поэтапного обращения с РАО (АПО)

Впервые стратегия захоронения ОЯТ и ВАО как основа национальной политики долгосрочного обращения с радиоактивными отходами в Канаде была предложена компанией Atomic Energy of Canada Ltd. (AECL) еще в 1972 году. К концу 1980-х гг. канадскими специалистами было проведено множество исследований по установлению целесообразности геологического захоронения ОЯТ и ВАО в глубинных массивах магматических пород Канадского щита. В 1988 году в рамках процедуры оценки экологической безопасности данная концепция была вынесена на открытое обсуждение. Через десять лет экспертный совет заключил, что хотя в техническом плане безопасность концепции AECL доказана, у широкой общественности она не вызывает доверия, поэтому проект предстояло доработать. В 2002 году канадский Парламент принял постановление о создании Организации по обращению с ядерными отходами (NWMO), на которую была возложена ответственность за реализацию следующих задач:

- изучение возможных альтернативных методов обращения с ОЯТ и предоставление Правительству соответствующих рекомендаций на основе результатов проведенных НИОКР, содержащих техническое описание концепций; сравнение рассмотренных концепций на основании таких критериев, как суммарная выгода от реализации, сопутствующие риски и стоимость работ, а также этические, социальные и экономические аспекты; планы по реализации концепций в отдельных регионах страны. При этом NWMO обязалась провести консультации с общественностью, в том числе и с представителями коренных народов, по каждому рассмотренному в исследовании подходу;
- сформировать Консультационный Совет, состоящий из различных экспертов, том числе специализирующихся в сфере социологии и взаимодействия с общественностью, представителей коренных народов, а также местных и региональных органов власти;
- учредить трастовые фонды, гарантирующие финансирование утвержденного в конечном итоге проекта по обеспечению долгосрочной безопасности ОЯТ.
- На проведение исследований NWMO было отведено 3 года, в течение которых было изучено три концепции:
- усовершенствованная концепция AECL по геологическому захоронению ОЯТ в Канадском щите;
- хранение ОЯТ на приреакторных площадках;
- централизованное хранение ОЯТ в подземной или наземной установке.

Сравнив между собой различные концепции, в 2005 году NWMO рекомендовало Министерству природных ресурсов Канады утвердить концепцию адаптивного поэтапного обращения с РАО*. В данном контексте «адаптивный» означает возможность адаптации плана работ на каждом этапе реализации проекта в свете новых знаний или обстоятельств, а «поэтапный» – что разработка установки будет осуществляться в несколько этапов на протяжении около 160 лет вплоть до момента ее окончательного закрытия. Концепция предполагает создание централизованного пункта глубинного геологического захоронения, осуществление непрерывного мониторинга установки, а также обеспечение возможности повторного извлечения отходов в течение длительного периода времени (рис. 8.4) Кроме того, концепция предусматривает возможность создания централизованного пункта промежуточного хранения ОЯТ в геологических структурах неглубокого залегания.

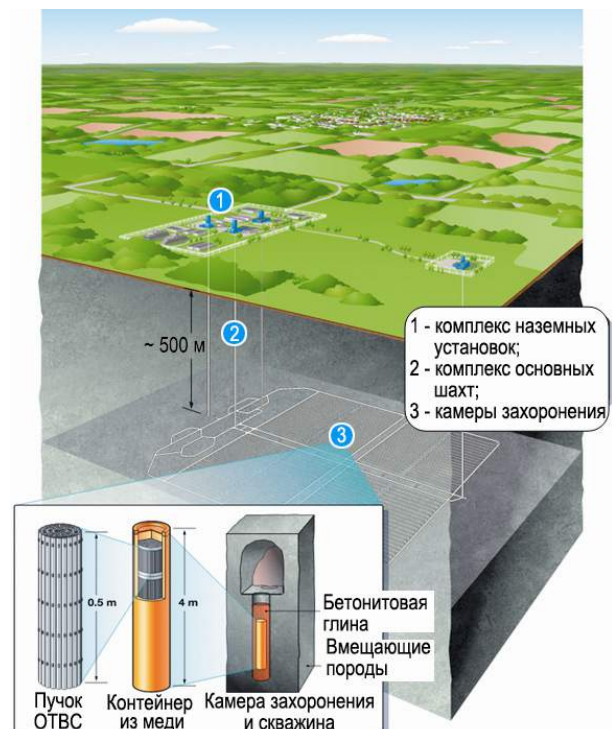


Рис. 8.4. Канадская концепция геологического захоронения ОЯТ

* Adaptive Phased Management (англ.)





Система управления таким проектом характеризуется следующими ключевыми особенностями:

- обеспечение гибкости при принятии решений о месте, сроках и способах реализации проекта;
- решение, принимаемое на каждом последующем этапе, должно обеспечивать возможность для корректировки решений, принятых на более ранних этапах;
- непрерывное проведение НИОКР и организация мероприятий по привлечению общественности на всех этапах реализации проекта;
- добровольность участия муниципалитетов в программе захоронения;
- непрерывная работа NWMO с местными жителями, коммунами, муниципалитетами, а также местными и региональными властями, представителями коренных народов, неправительственных организаций и т.п.

В июне 2007 года концепция Адаптивного поэтапного обращения с РАО (табл. 8.3) была утверждена Правительством Канады, а на NWMO была возложена ответственность за ее реализацию. Финансирование программы планируется производить за счет средств доверительных фондов, учрежденных в 2002 году и регулярно пополняемых производителями отходов.

Канада



Табл. 8.3. Основные этапы реализации концепции «Адаптивного поэтапного обращения с РАО»

Этап	Продолжительность	Мероприятия
I	30 лет	ОЯТ хранится на приреакторных площадках, пока осуществляется поиск площадки с подходящей геологией для размещения приповерхностного пункта централизованного хранения ОЯТ, ПИЛ конкретного назначения и пункта глубинного захоронения. В случае принятия решения о сооружении приповерхностного пункта хранения на этом этапе регулятор рассмотрит заявку на его строительство и эксплуатацию.
II	30 лет	Подготовка окончательного проекта пункта геологического захоронения и оценка безопасности. В случае утверждения проекта приповерхностного пункта хранения на этом этапе также будет произведена транспортировка ОЯТ с приреакторных площадок в пункт централизованного хранения.
III	240 лет	Транспортировка ОЯТ из пункта централизованного хранения и приреакторных площадок, переупаковка, окончательная изоляция контейнеров с ОЯТ в пункте геологического захоронения, засыпка и герметизация пункта захоронения, мониторинг.

Согласно разработанной концепции, захоронение ОЯТ и ВАО будет производиться на глубине 500–1000 м в магматических породах (рис. 8.4). Для захоронения ОЯТ планируется использовать контейнеры из меди, которые будут размещены в скважинах, пробуренных в полу камер захоронения.

Затраты на реализацию проекта АПО

В целом рассматривались два сценария захоронения ОЯТ. Первый предполагал захоронение 3,6 млн ОТВС с предварительным размещением в пункте централизованного хранения. В этом случае стоимость проекта, рассчитанного на 300 лет, составила бы около 29 млрд долларов США (по курсу 2010 года) при текущих затратах в 6,1 млрд долларов. В случае, если бы ОЯТ до начала эксплуатации пункта захоронения подлежало хранению на приреакторных площадках, стоимость проекта снизилась бы до 21 млрд долларов при текущих затратах в 5,3 млрд долларов (табл. 8.4) [8].

Табл. 8.4. Распределение затрат на реализацию проекта геологического захоронения ОЯТ по годам

Этап	Годы	Затраты в млрд долларов (по курсу 2010 года)
Выбор и утверждение площадки	0–15	1,5
Сооружение	16–25	3,8
Эксплуатация	26–63	12,8
Мониторинг	64–133	1,8
ВЭ и закрытие	134–163	1,2
ИТОГО:		21,2



Процесс выбора площадки

По данным NWMO, в Канаде есть целый ряд регионов, подходящих по геологическим характеристикам для строительства пункта геологического захоронения. В 2002 и 2005 гг. NWMO провела геологические исследования Канадского щита* и осадочных пород, результаты которых показали, что данные формации можно считать потенциально пригодными для строительства пункта глубинного геологического захоронения. Однако для подтверждения этих данных необходимо проведение более детальных геологических изысканий.

В Канаде процедура выбора площадки организована таким образом, что геологические исследования могут быть инициированы только в тех регионах, где местные жители выразили желание участвовать в проекте создания пункта захоронения. Как только муниципалитет выражает заинтересованность и соглашается на предварительные исследования, NWMO производит сопоставление площадок по геологическим характеристикам на основании имеющихся данных. Если результаты предварительного исследования показывают, что очевидных причин для отказа от дальнейших исследований нет, то переходят к следующему этапу [6, 7].

Второй этап заключается в анализе социальных, экономических и культурных аспектов, а также предполагает активное вовлечение в процесс принятия решений местных жителей, в том числе и представителей коренных народов.

В мае 2010 года NWMO инициировала процесс поиска коммун-добровольцев для проведения предварительных исследований. В рамках первого этапа была запущена информационная кампания, включавшая проведение консультаций с жителями потенциальных коммун и их информирование по вопросам захоронения РАО, например, о том, какие выгоды они смогут получить, согласившись на строительство пункта захоронения.

На данный момент лишь незначительное число деревень и небольших городов проявило интерес к программе NWMO. Типичным примером такого населенного пункта является город Игнас на севере провинции Онтарио. Основной статьей местного бюджета здесь на протяжении долгих лет была вырубка леса, но в последнее время уровень доходов от лесного хозяйства снижается, а местные жители в поисках работы вынуждены перебираться в другие населенные пункты. Поэтому власти Игнасы считают, что строительство пункта захоронения в этом регионе даст мощный толчок развитию местной экономики, в первую очередь благодаря созданию сотен новых рабочих мест. Результаты предварительных исследований предлагаемой площадки, опубликованные в марте 2011 года, показали, что данную местность можно считать потенциально пригодной для строительства пункта захоронения. Теперь муниципалитет должен принять решение о запуске программы детальных исследований. Однако в Игнасе, как и во многих других городах, принятию такого решения мешает сильная оппозиция со стороны местных экологических активистов.

Принятие решений местными органами власти

В Канаде решения на местном уровне принимаются муниципальным советом. Помимо всего прочего, муниципальные советы отвечают за привлечение к процессу принятия решений местных жителей, в том числе и представителей коренных народов, проживающих вблизи рассматриваемой площадки [6].

Роль Правительства

На этапе оценки соответствия проекта требованиям законодательства NWMO необходимо получить одобрение Правительства. Независимая публичная экспертиза, призванная оценить возможность безопасной реализации проекта на выбранной площадке, включает проведение анализа обеспечения безопасности на всех стадиях жизненного цикла пункта захоронения, начиная со стадии подготовки площадки к строительству и кончая закрытием установки [6].

Роль разработчика

На первом этапе NWMO проводит консультации с жителями населенных пунктов, выразивших заинтересованность в проекте, а также с жителями соседних регионов. Кроме того, NWMO организует различные мероприятия, направленные на повышение информированности населения в вопросах захоронения РАО, одновременно пытаясь выявить истинные ожидания местных общин от реализации проекта.

*Выступ фундамента на севере Североамериканской платформы, занимающий значительную часть Северной Америки и острова Гренландия





NWMO несет ответственность за предоставление информации о собственной деятельности и проводит консультации с общественностью, органами самоуправления провинций, Правительством Канады, организациями, представляющими интересы коренных народов как на государственном уровне, так и на уровне провинций, а так же с органами государственного регулирования. Кроме того, NWMO отвечает за подготовку для передачи на рассмотрение регулятору материалов, требуемых для ратификации официального соглашения с муниципальным советом [6].

Выгоды для местного населения

Выгоды, получаемые местными общинами от реализации проекта, в первую очередь обусловлены созданием новых рабочих мест (табл. 8.5, рис. 8.5), а также повышением уровня общего благосостояния местного населения [8].

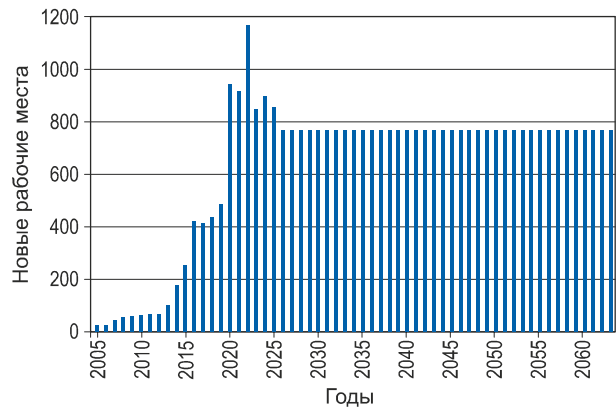


Рис. 8.5. Оценка количества новых рабочих мест на ближайшие 60 лет

Канада



Табл. 8.5. Оценка количества новых рабочих мест на различных этапах жизненного цикла пункта захоронения

Этап АПО	Год	Прямых рабочих мест в год	Основные направления работ
Выбор площадки и получение разрешений от регулятора	3–15	10–250	Исследования в области геофизики и биологии, буровзрывные работы, техническое проектирование, управление проектами, техническая поддержка, оценка безопасности, нормативно-правовое регулирование, общественное участие, взаимодействие с общественностью
Сооружение	16–25	400–1200	Горные работы, техническое проектирование, геологические и геофизические исследования, оценка безопасности, промышленное производство, строительство, коммерческая деятельность, управление проектами, общественное участие, взаимодействие с общественностью, организация транспортного обслуживания
Эксплуатация	26–63	700–800	Горные работы, техническое проектирование, геологические и геофизические исследования, оценка безопасности, промышленное производство, поддержка коммерческой деятельности, управление проектами, общественное участие, организация транспортного обслуживания
Мониторинг	64–133	100–150	Геологические и геофизические исследования, оценка безопасности, горные работы
ВЭ и закрытие	134–163	200–300	Горные работы, строительство, геологические и геофизические исследования, оценка безопасности, нормативно-правовое регулирование

Этапы реализации проекта

На сегодняшний день NWMO завершила поиск коммун-добровольцев для строительства пункта глубинного захоронения в четырех провинциях: Онтарио, Квебек, Нью-Брансуик и Саскачеван. Начало эксплуатации объекта намечено на 2035 год. В табл. 8.6 представлены основные этапы реализации проекта по созданию пункта глубинного геологического захоронения ОЯТ в Канаде [7, 8].

В ноябре 2013 года NWMO завершила первую стадию предварительной оценки по выбору площадки. В исследовании приняло участие 8 из 21 коммуны, выразившей интерес к проекту. Из восьми коммун четыре были отобраны для проведения более детальных исследований: Крейгтон в



Саскачеване и Хорнпейн, Игнас и Скрейбер в Онтарио. Проведенные на данный момент исследования не ставили своей целью подтвердить окончательно пригодность какой-либо из четырех площадок для строительства пункта глубинного захоронения – они заключались лишь в предварительной оценке возможности соблюдения требований безопасности и соответствия местной геологии требуемым характеристикам, а также способствовали развитию взаимопонимания между разработчиком проекта и местными жителями [9].

Табл. 8.6. Основные этапы реализации проекта глубинного захоронения ОЯТ в Канаде

Подготовительный этап	NWMO публикует окончательный план по выбору площадки после проведения консультаций с органами государственной власти различных уровней, организациями, представляющими интересы коренных народов, и органами государственного регулирования. Такие консультации являются неотъемлемой частью каждого этапа выбора площадки
1 этап	NWMO инициирует процесс выбора площадки и реализует на всем его протяжении информационную кампанию, направленную на формирование у общественности более полного представления о концепции глубинного захоронения ОЯТ
2 этап	NWMO проводит консультации в районах, жители которых хотят знать больше о программе захоронения ОЯТ. По просьбе местных жителей NWMO проводит предварительные исследования площадок
3 этап	В тех районах, где местные жители выразили заинтересованность, проводят детальные исследования потенциальной пригодности площадок для строительства пункта геологического захоронения
4 этап	NWMO работает в сотрудничестве с заинтересованными общинами, представителями коренных народов и властями провинций, стремясь привлечь к процессу выбора площадки жителей населенных пунктов, расположенных в непосредственной близости от площадки-кандидата
5 этап	Территориальные общины, проживающие в регионах с подходящей для строительства ПЗ геологией, принимают решение о размещении установки; в случае согласия – выдвигают свои условия и требования
6 этап	NWMO выбирает площадку и заключает официальное соглашение с общиной, согласившейся на строительство пункта захоронения
7 этап	Регулятор проводит оценку безопасности (формальная публичная независимая экспертиза). В случае если все требования соблюдены, регулятор выдает положительное заключение
8 этап	Сооружение и эксплуатация подземной экспериментальной установки
9 этап	Сооружение и эксплуатация пункта захоронения, NWMO продолжает сотрудничество с местными жителями на протяжении всего жизненного цикла установки

Канада



Представители NWMO отмечают, что за годы сотрудничества у жителей коммун сложилось более четкое понимание проекта. Кроме того, в каждой из коммун сформировались свои группы активистов, которые оказали значительную помощь в проведении диалога с местными жителями. В знак признательности за большой вклад в реализацию проекта NWMO сразу после учреждения Резервного фонда благосостояния коммун перечислит каждой из восьми коммун по 400 000 долларов США. Распорядиться этими средствами коммуны смогут по собственному усмотрению. Примерами деятельности, финансирование которой может осуществляться из Резервного фонда, станет реализация проектов, направленных на поддержание устойчивого развития, энергоэффективности и экономического роста коммун, или оказание социальных услуг местной молодежи и пожилым людям.

Что касается дальнейших планов, то в отобранных в ходе первого этапа коммунах, решивших продолжить сотрудничество с NWMO, будут проведены более детальные исследования, в рамках которых еще больше внимания будет уделено взаимодействию NWMO с местными жителями, в частности, с представителями коренных народов. Также будут проведены предварительные полевые исследования, а затем, пробурено некоторое количество скважин в целях дальнейшего анализа особенностей геологии и оценки целесообразности строительства установки в соответствии с техническими требованиями безопасности. После завершения всех исследований NWMO будет постепенно сужать круг рассматриваемых площадок до тех пор, пока не выявит наиболее приемлемую для размещения установки – такую, где геология позволит безопасно удерживать и изолировать ОЯТ, а местные жители выразят заинтересованность в строительстве пункта захоронения. Ожидается, что этот процесс займет несколько лет. Следует отметить, что коммуны во вре-



мя процесса оценки площадки могут в любой момент отказаться от дальнейшего участия в проекте – сделать это они вправе вплоть до подписания окончательного соглашения с NWMO.

В начале 2014 года завершились предварительные геологические исследования в муниципалитете Нипигон, по результатам которых в июне 2014 года данная площадка была снята с дальнейшего рассмотрения. Такое решение было принято как с учетом результатов предварительных геологических изысканий, выявивших целый ряд неопределенностей, свидетельствующих о непригодности данной площадки с геологической точки зрения, так и социальных, культурных и экономических особенностей региона.

В апреле 2014 года в Канаде стартовала программа по проведению аэрогеофизических измерений, необходимых для выявления наиболее пригодных с геологической точки зрения площадок. Аэрогеофизические измерения (апрель – май 2014 г.) проводились NWMO с использованием небольших самолетов, оснащенных всей необходимой аппаратурой, и позволили получить более детальное представление о геологическом строении коренных пород как на поверхности, так глубоко под землей. В первую очередь исследования проводились в окрестностях трех коммун в Онтарио (Хорнпейн, Игнас и Скрейбер) и одной коммуны в Саскачеване (Крейгтон). В декабре 2014 года NWMO завершила первый этап предварительной оценки в трех коммунах округа Брюс (провинция Онтарио). Результаты оценки показали, что дальнейшие исследования целесообразно проводить в двух коммунах из трех (муниципалитеты Южный Брюс и Гурон-Кинлосс), а коммуна Броктон была снята с дальнейшего рассмотрения.

В январе 2015 года были опубликованы результаты аналогичной оценки шести муниципалитетов в Северном Онтарио, согласно которым участие в дальнейших исследованиях смогут принять лишь четыре коммуны.

Всего в процессе выбора площадки для будущего пункта захоронения на данный момент участвует 11 коммун.

Захоронение НАО и САО (Кинкардин)

Канадская стратегия обращения с НАО и САО также предусматривает окончательную изоляцию этих видов РАО в геологических формациях, гарантирующую обеспечение безопасности человека и окружающей среды в долгосрочной перспективе.

В 2001 году, заручившись уверенной поддержкой местного совета, компания OPG приступила к проведению предварительных исследований на площадке, расположенной в муниципалитете Кинкардин. Исследования были организованы в форме независимой экспертизы (Independent Assessment Study), включавшей оценку целесообразности концепции захоронения НАО и САО с геотехнической точки зрения, исследование общественного мнения путем интервьюирования местных жителей и предпринимателей, а также проведение ОВОС. Еще одним неотъемлемым элементом независимой экспертизы стало проведение консультаций с жителями как самого муниципалитета Кинкардин, так и расположенных по соседству населенных пунктов. Согласно заключению экспертизы, по геологическим характеристикам данная площадка идеально подходит для размещения пункта геологического захоронения, а местные жители в целом поддерживают идею строительства установки.

Следует отметить, что с самого начала реализации проекта компания OPG запустила масштабную программу по информированию и привлечению местных жителей, направленную на поддержание открытого диалога с общественностью.

Стратегия, лежащая в основе информационной кампании OPG, основывается на распространении рекламных материалов, брошюр, видео, организации экскурсий, дискуссий с участием представителей основных заинтересованных сторон проекта, выездных выставок и других масштабных общественных мероприятий. Для привлечения широкой общественности использовались информационные интернет-ресурсы и социальные сети, в которых размещались ссылки на соответствующие отчеты, материалы исследований и видео ролики.

В апреле 2004 года муниципальный совет Кинкардин принял резолюцию о признании концепции глубинного захоронения НАО и САО наиболее пред-

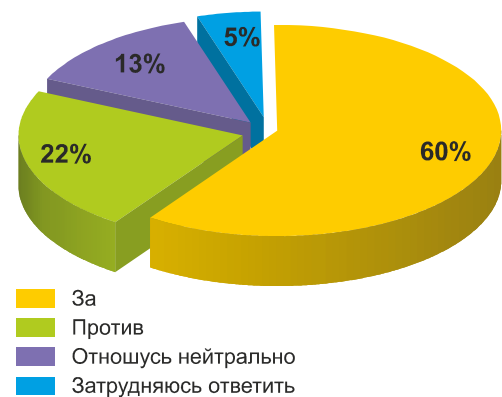


Рис. 8.6. Результаты исследования общественного мнения в муниципалитете Кинкардин



почтительной стратегией по обращению с этим видом РАО, гарантирующей обеспечение безопасности в долгосрочной перспективе, а 13 октября 2004 года предоставил компании OPG официальное разрешение на строительство установки в этой местности. В подписанном соглашении были также оговорены сроки и условия реализации проекта.

С середины октября 2004 года по январь 2005 года компания OPG в сотрудничестве с местными властями провела исследование общественного мнения, задача которого состояла в определении уровня поддержки проекта местным населением. Результаты опроса местных жителей, опубликованные в феврале 2005 года, представлены на рис. 8.6.

В ноябре 2005 года был инициирован процесс экологической экспертизы проекта, включающий проведение детальных геологических изысканий, разработку предварительного проекта установки, подготовку оценки безопасности и оценки воздействия на окружающую среду.

С 2007 по 2010 год на площадке было пробурено шесть скважин глубокого заложения, а в 2012 году были сооружены еще две дополнительные скважины, что позволило провести ряд исследований, результаты которых свидетельствуют о наличии благоприятных условий для сооружения установки. Предварительный проект пункта геологического захоронения НАО и САО, разработанный специалистами NWMO, представлен на рис. 8.7. Следует отметить, что лицензиатом и оператором установки выступает компания OPG.

В табл. 8.7 представлены основные этапы реализации проекта захоронения РАО в муниципалитете Кинкардин [6, 7].

Табл. 8.7. Этапы реализации проекта Кинкардин

2001 г.	Муниципалитет Кинкардин выразил заинтересованность в обсуждении с OPG вопросов долгосрочного обращения с НАО и САО
2002 г.	Муниципалитет Кинкардин и OPG подписывают Меморандум о взаимопонимании
2002–2004 гг.	Проведена независимая экспертиза концепции долгосрочного обращения с НАО и САО
Апрель 2004 г.	Муниципальный совет Кинкардин одобрил резолюцию об утверждении проекта строительства пункта геологического захоронения на площадке Брюс
Октябрь 2004 г.	Между OPG и муниципалитетом Кинкардин заключен договор о сооружении на площадке Брюс пункта геологического захоронения НАО и САО. В договоре приведены фактические данные, свидетельствующие об одобрении проекта местными жителями
Январь-февраль 2005 г.	Результаты телефонного опроса показали, что 60% жителей муниципалитета Кинкардин поддерживают строительство пункта геологического захоронения
Ноябрь 2005 г.	OPG представила на рассмотрение Комиссии по ядерной безопасности Канады описание проекта пункта захоронения, тем самым инициировав процесс экологической экспертизы в соответствии с законами «О контроле за ядерной безопасностью» и «Об экологической экспертизе в Канаде»
2006 г.	- Предварительные общественные слушания; - Исследования на площадке в рамках экологической экспертизы проекта
2007 г.	Утверждена процедура проведения экологической экспертизы
Январь 2009 г.	Опубликованы руководящие принципы по результатам проведенной экологической экспертизы
2011 г.	ОВОС, предварительный отчет по безопасности и сопроводительные документы для получения лицензии направлены на рассмотрение регулятору
2012 г.	Назначена группа экспертов для рассмотрения заявки; состоялся первый этап общественных слушаний
2013 г.	Второй этап общественных слушаний
2015 г.	Подготовка площадки к сооружению установки и получение лицензии на строительство + от 5 до 7 лет на сооружение установки
2019 г.	Получение лицензии на эксплуатацию

Концепция захоронения НАО и САО

Проектируемый пункт захоронения сможет вместить порядка 160 000 м³ НАО и САО. Камеры захоронения планируется расположить на глубине 680 м во вмещающих малопроницаемых известняковых породах (формация мощностью 200 м). Залегающая выше формация представлена слоем малопроницаемых сланцевых пород мощностью 200 м.



Подземные установки пункта захоронения представлены:

- двумя вертикальными шахтами. Главная шахта будет использоваться для доставки персонала и отходов в подземные части пункта захоронения, для прокладки коммуникаций и обеспечения притока свежего воздуха в установку. Вентиляционная шахта предназначена для извлечения пород, образующихся в результате проведения экскавационных работ, обеспечения аварийной эвакуации персонала, а также отвода отработавшего воздуха;
- зоной обслуживания, включающей основные объекты инфраструктуры (столовая, офисы, камеры-убежища и т.п) и участки размещения оборудования;
- двумя тоннелями доступа, соединяющими шахтные станции с камерами захоронения;
- двумя секциями камер захоронения. Секция 1 состоит из 14 камер, секция 2 – из 17 камер (250×8×7м (Д×Ш×В)). Вторая секция будет по преимуществу заполнена РАО, на данный момент размещенными в пункте хранения WWMF. В обеих секциях будут захораниваться как НАО, так и САО. Тем не менее для их захоронения будут использоваться разные камеры. Три камеры захоронения секции 1 будут оснащены рельсами, которые позволят транспортировать наиболее тяжелые упаковки с САО. В целом конфигурация подземных установок предусматривает размещение объектов подземной инфраструктуры в непосредственной близости от основной шахты, в то время как сами камеры захоронения решено разместить на большем удалении от зон постоянного пребывания персонала.

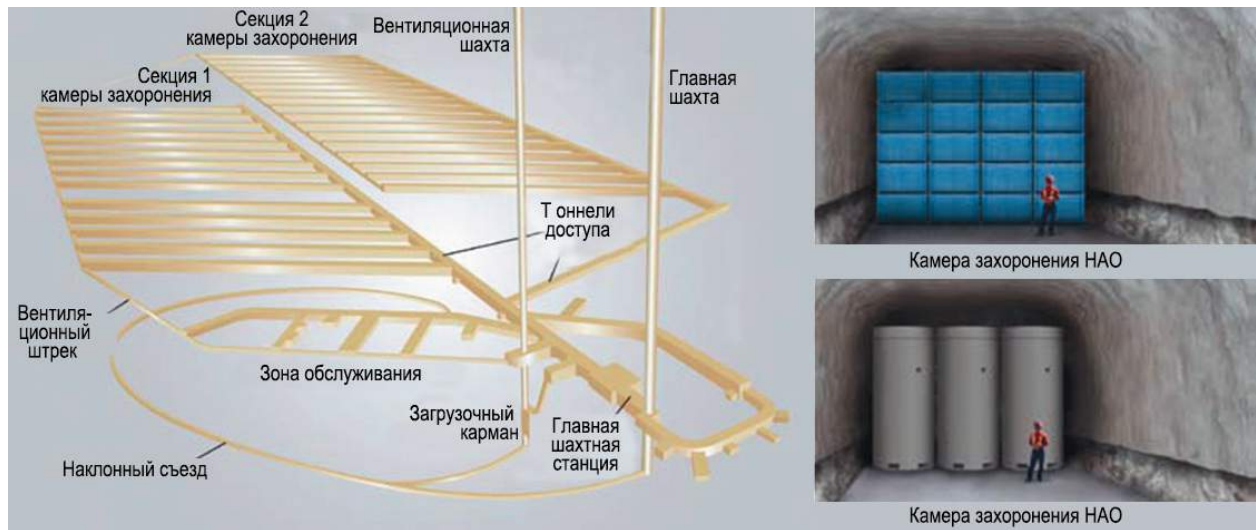


Рис. 8.7. Проект пункта геологического захоронения НАО и САО в Кинкрадин

8.5. Подземная исследовательская лаборатория АЕСЛ

Именно в Канаде была сооружена первая в мире подземная исследовательская лаборатория общего назначения (Лак-дю-Боне, провинция Манитоба). Исследования в ПИЛ, расположенной на глубине 240 м в гранитном массиве, проводились с 1982 по 2010 год и были направлены на изучение основных вопросов, связанных с глубинным геологическим захоронением ОЯТ в гранитах, хотя результаты большей части реализованных здесь экспериментов и опытов можно распространить и на другие типы геологических формаций. Причем сама лаборатория была сооружена на площадке, где прежде никогда не проводилось каких-либо экскавационных работ [9].

В первую очередь исследования в канадской ПИЛ были призваны получить наиболее точную и правдоподобную картину потенциального воздействия экскавационных и строительных работ, операций по размещению упаковок, имитирующих реальные контейнеры с отходами, и закрытию подземных выработок на состояние системы захоронения. Еще до начала экскавационных работ здесь было проведено множество исследований по характеристике площадки, включавших бурение разведочных и контрольных скважин, а также целый ряд геофизических исследований, позволивших определить исходные условия среды. В течение всего периода эксплуатации реализовывалась программа мониторинга, позволившая оценить изменения региональных гидрогеологических условий, вызванных проведением различных экспериментов в ПИЛ и проходкой новых подземных выработок. Методика выполнения работ по герметизации скважины при закрытии ПИЛ была, насколько это возможно, приближена к той, что планируется использовать при закрытии реально-



го пункта геологического захоронения. Сейчас на территории закрытой ПИЛ реализуется программа непрерывных наблюдений, в том числе включающая мониторинг процессов восстановления гидрогеологических условий на площадке. Таким образом, к настоящему времени получено достаточно полное описание изменения условий на площадке, начиная с момента ввода объекта в эксплуатацию и кончая его закрытием [9].

В рамках программы исследований, реализованных в ПИЛ АЕСЛ, можно выделить три основных направления [10]:

- исследования методологий характеристики площадки или долгосрочного мониторинга геологической среды;
- исследования передвижения растворенных веществ через трещиноватые и не нарушенные трещинами кристаллические породы;
- исследования, обосновывающие технологии, которые планируется использовать для герметизации системы захоронения.

Ниже представлены основные выводы, сделанные экспертами по результатам оценки результатов работ, проведенных на этапах проектирования, сооружения, эксплуатации и закрытия ПИЛ АЕСЛ [9]:

- создание ПИЛ стало поворотным моментом, благодаря которому возросла уверенность как в безопасности предлагаемой концепции захоронения, так и в технической осуществимости проекта геологического захоронения РАО;
- благодаря проведенным исследованиям были накоплены необходимые знания о поведении системы и технологических решениях, которые могут быть использованы при создании пункта захоронения. Кроме того, был подготовлен кадровый состав для проведения работ по сооружению и эксплуатации реального пункта геологического захоронения;
- были отработаны технологии, позволившие добиться повышения эффективности вертикальной проходки шахтных стволов;
- были изучены различные способы цементирования слаботрещинчатых пород, в результате были получены новые мелкодисперсионные цементные растворы, а также разработаны специальные технологии цементации, которые впоследствии нашли свое применение в целом ряде инженерно-геологических проектов, а так же в горном деле;
- проведен целый ряд НИОКР, направленных на разработку новых высококачественных цементующих смесей с малой теплотой гидратации и низким рН, которые бы оказывали минимальное воздействие на химический состав геологической среды, окружающей пункт геологического захоронения. Впоследствии данная технология была усовершенствована и нашла применение как в сферах, связанных с атомной энергетикой, так и в иных областях;
- в ходе выполненных исследований были получены ценные знания об особенностях зоны, нарушенной проведением экскавационных работ, и изменении ее геомеханических свойств с течением времени;
- с технической точки зрения основная трудность при создании системы геологического захоронения заключается в обеспечении устойчивости горных выработок, так как с учетом большого перепада напряжений внутри горных пород зона нарушенной геологической среды может иметь тенденцию к расширению. Серия исследований была посвящена наблюдению за влиянием экскавационных работ на окружающие выработку породы. Были разработаны методики, позволяющие установить размеры формирующейся нарушенной зоны. Результаты исследований показали, что даже несмотря на высокие напряжения внутри горных пород эффективная герметизация нарушенных зон все-таки может быть обеспечена;
- в ходе исследования взаимодействия тепловыделяющего источника (модель контейнера) с окружающими его инженерными барьерами безопасности и вмещающими породами была установлена тесная взаимозависимость между термо-гидро-химико-механическими и биологическими параметрами, а также стало понятно, насколько важно понимать особенности взаимодействия элементов системы.

Данные, полученные в результате проведения множества экспериментов в ПИЛ, стали основой для разработки расчетных моделей, благодаря которым увеличилась точность и достоверность прогнозов эволюции систем геологического захоронения как в краткосрочной, так и долгосрочной перспективе.

Многие исследования в лаборатории АЕСЛ были проведены в рамках различных международных проектов в сотрудничестве с такими странами, как Япония, Финляндия, Корея, Швеция и



США. Кроме того, было проведено множество работ по численному моделированию, направленных на разработку средств имитационного моделирования, которые можно было бы применить в техническом проектировании и при оценке эксплуатационных показателей системы захоронения.

Таким образом, ПИЛ АЕСЛ открыла новые возможности для разработки и испытания технологических решений, оборудования и подходов, которые в конечном итоге могут быть реализованы при сооружении и эксплуатации канадского пункта геологического захоронения ОЯТ.

Литература к главе 8

1. OECD/NEA, Radioactive Waste Management Programmes in OECD/NEA Member Countries, Canada, Profile, Organization for Economic Cooperation and Development/Nuclear Energy Agency, 2012.
2. World Nuclear Association, Storage and Disposal Options, Radioactive Waste Management Appendix 2 (Updated August 2013).
3. World Nuclear Association, National Policies Radioactive Waste Management - Appendix 3 (updated April 2013).
4. Inventory of Radioactive Waste in Canada, Low-Level Radioactive Waste Management Office, March 2012
5. Canadian National Report for the Joint Convention on the Safety of Spent Fuel Management and on the Safety of Radioactive Waste Management, Fifth National Report, October 2014.
6. Geological Disposal: Overview of International Siting Processes, Nuclear Decommissioning Authority, UK, September 2013.
7. Managing Spent Fuel from Nuclear Power Reactors: Experience and Lessons from Around the World; edited by Harold Feiveson, Zia Mian, M.V. Ramana and Frank von Hippel; International Panel on Fissile Materials (IPFM), September 2011.
8. Description of Canada's Repository for Used Nuclear Fuel and Centre of Expertise, Nuclear Waste Management Organization (NWMO), October 2012.
9. Underground Research Laboratories (URL), OECD/NEA, Radioactive Waste Management NEA/RWM/R (2013) 2, February 2013.
10. Twenty Plus Years of Underground Research at Canada's URL, Baumgartner, P., P.M. Thompson, International Symposium on Nuclear Energy (SIEN'07), Nuclear Power – A New Challenge, Bucharest, Romania, 15-19 October 2007.





9. США

Стратегия обращения с ОЯТ

Прямое захоронение ОЯТ без предварительной переработки

Реестр ОЯТ (по состоянию на конец 2013 года)

71 700 т

Проекты по созданию пунктов захоронения

Тип захораниваемых отходов	ТРУ РАО (WIPP)	ОЯТ (Якка-Маунтин)
Тип вмещающих пород	соль	туф
Глубина захоронения, м	650	300
Возможность повторного извлечения отходов	да	да
Запуск программы НИОКР	1965 г.	1978 г.
Начало работ по поиску площадки	1974 г.	1983 г.
Текущий статус проекта	действует с 1999 г.	рассмотрение заявки регулятором
Планируемая дата ввода в эксплуатацию		не определено
Плотность населения в стране (в районе размещения), чел/км ²	34,2 (353,2)	34,2 (0,93)
Право вето у местного населения	нет	да*
Денежные выплаты муниципалитетам	да	да
Программа привлечения местного населения	разработана	в процессе разработки
Площадка расположена вблизи ядерных объектов	нет	нет

Подземная исследовательская лаборатория

Название	WIPP	Busted Butte	Climax	G-Tunnel
Тип ПИЛ	КН	КН	ОН	ОН
Тип пород	соль	туф	гранит	туф
Глубина, м	655	420	300	420
Период эксплуатации	с 1982 г.	1996 – 2009 гг.	1973 – 1983 гг.	1979 – 1990 гг.

Организационные аспекты

Орган государственного управления в области обращения с ОЯТ и РАО	DOE — Министерство энергетики США (www.doe.gov)
Организация, ответственная за реализацию проекта по захоронению ОЯТ и РАО (разработка проекта, НИОКР, лицензирование, строительство, эксплуатация)	MDO — Организация по обращению и захоронению РАО**
Основные регулирующие органы	
Орган государственного регулирования безопасности в области атомной энергии	NRC — Комиссия по ядерному регулированию (www.nrc.gov)
Орган государственного регулирования в области охраны окружающей среды	EPA — Агентство по охране окружающей среды США (www.epa.gov)

* однако вето, наложенное штатом, может быть отклонено Правительством США

** создание такой организации предусмотрено положениями Стратегии по обращению и захоронению ОЯТ и РАО, утвержденной Правительством США, однако до сих пор Конгресс не рассмотрел вопрос о внесении соответствующих поправок в национальное законодательство



Ядерная энергетика в США обеспечивает 20% национального производства электроэнергии – в общей сложности на 65-ти площадках эксплуатируется 103 реактора. В 2013 году на американских АЭС было выработано порядка 822 ТВт энергии. В ближайшей перспективе запланировано сооружение еще 34 блоков АЭС третьего поколения, ввод в эксплуатацию которых состоится в период с 2015 по 2030 год [1].

С 1977 года в США запрещено осуществлять переработку ОЯТ, при этом отработавшее топливо считается ВАО, за окончательное захоронение которых в пункте глубинного геологического захоронения ответственность несет государство. До тех пор пока такой пункт захоронения не будет построен, ОЯТ, образующееся в результате эксплуатации АЭС, будет направляться в мокрые и сухие хранилища приреакторных площадок.

В январе 2013 года Министерство энергетики заявило о принятии новой стратегии, в основу которой были положены выводы Экспертной комиссии по ядерному будущему США. Данная стратегия среди прочего содержит положения о создании новой независимой организации, на которую будут возложены функции по выбору площадок, разработке проектов и эксплуатации всех будущих пунктов хранения и захоронения РАО. Эта организация займется созданием опытного пункта временного сухого хранения ОЯТ, ввод в эксплуатацию которого запланирован на 2021 год. В основном данная установка будет рассчитана на прием ОЯТ с остановленных на данный момент атомных реакторов. К 2025 году планируется построить еще один пункт временного хранения, а к 2048 году – добиться существенного прогресса в реализации проекта геологического захоронения ОЯТ [2, 3].

США



9.1. Ответственные ведомства

В США функции и обязанности в сфере обращения с РАО распределены между следующими ведомствами и организациями:

- DOE (Министерство энергетики) несет ответственность за обращение с РАО и захоронение РАО, принадлежащих DOE или производимых установками DOE. Согласно закону о политике обращения с РАО, DOE также несет ответственность за захоронение ОЯТ и ВАО, образовавшихся в результате эксплуатации промышленных невоенных установок.
- OCRWM.DOE (Управление министерства энергетики по обращению с необоронными РАО) в недавнем прошлом было ответственно за окончательную изоляцию ОЯТ и ВАО, однако впоследствии было упразднено, и теперь его функции распределены между различными управлениями DOE.
- DOE-EM (Управление министерства энергетики по рациональному природопользованию) несет ответственность за проведение работ по реабилитации и рекультивации площадок ядерно-оружейного комплекса США, а также осуществляет обращение с ядерными материалами на этих площадках.
- NRC (Комиссия по ядерному регулированию) ответственна за правовое регулирование и лицензирование всех видов деятельности, связанных с использованием атомной энергии. Кроме того, NRC является основным агентством, регулирующим деятельность по выбору площадок для строительства пунктов захоронения радиоактивных отходов, а также строительству, эксплуатации и консервации подобных установок. Также Комиссия несет ответственность за обеспечение эксплуатационной безопасности АЭС, осуществляет инспекции, выдачу лицензий на эксплуатацию, разрабатывает нормативные документы, занимается обобщением накопленного опыта и координирует деятельность различных исполнителей.
- EPA (Агентство по охране окружающей среды) ответственно за разработку стандартов по охране окружающей среды, в том числе регулирующих деятельность при сооружении пунктов захоронения, направленных на обеспечение защиты здоровья людей и окружающей среды от опасностей, обуславливаемых захоронением РАО.
- Владельцы и операторы АЭС и других ядерных установок, производящих радиоактивные отходы, осуществляют обращение с ОЯТ и РАО, образовавшимися в результате эксплуатации этих установок, до момента их захоронения. За обращение с РАО, не являющимися собственностью DOE, размещенными в пунктах захоронения, а также сооружение и эксплуатацию таких пунктов захоронения ответственность несет федеральное Правительство и власти штатов.



9.2. Классификация РАО

Американская система классификации РАО состоит из двух отдельных подсистем (рис. 9.1): одна относится к коммерческим РАО, а другая – к РАО, находящимся в ведении Министерства энергетики США (DOE) [4]. На первую подсистему распространяются нормативные требования NRC (Комиссии по ядерному регулированию США), а на вторую – отдельные законы и, в частности, Постановление DOE 435.1 «Об обращении с РАО».

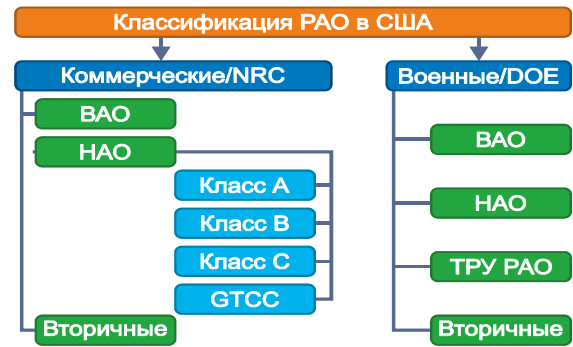


Рис. 9.1. Система классификации РАО США

Классификация коммерческих РАО

В законе США P.L. 96-573 «О радиоактивных отходах низкой активности» НАО определяются как радиоактивный материал, не являющийся БАО, ОЯТ или вторичным материалом, классифицируемый NRC как низкоактивные отходы. Согласно документу NRC 10 C.F.R. 61.55 «Классификация отходов» НАО делятся на четыре класса А, В, С и GTCC* (табл. 9.1). В табл. 9.2. представлены основные характеристики каждого класса коммерческих НАО. Следует отметить, что для целей регулирования к короткоживущим относят радионуклиды с периодом полураспада менее 100 лет, а к долгоживущим – более 100 лет [5, 6].

Табл. 9.1. Классы НАО согласно документу КЯР 10 C.F.R. 61.55

Класс А	C-14	$< 2,96 \cdot 10^{10}$		$< 0,8$	
	C-14 в активированном металле	$< 2,96 \cdot 10^{11}$		< 8	
	Ni-59 в активированном металле	$< 8,14 \cdot 10^{11}$		< 22	
	Nb-94 в активированном металле	$< 7,14 \cdot 10^8$		$< 0,02$	
	Tc-99	$< 1,11 \cdot 10^{10}$		$< 0,3$	
	I-129	$< 2,96 \cdot 10^8$		$< 0,008$	
	Все нуклиды с $T_{1/2} < 5$ лет	$< 2,59 \cdot 10^{13}$	Бк/м ³	< 700	Ки/м ³
	H-3	$< 1,48 \cdot 10^{12}$		< 40	
	Co-60	$< 2,59 \cdot 10^{13}$		< 700	
	Ni-63	$< 1,3 \cdot 10^{11}$		$< 3,5$	
	Ni-63 в активированном металле	$< 1,3 \cdot 10^{12}$		< 35	
	Sr-90	$< 1,48 \cdot 10^9$		$< 0,04$	
	Cs-137	$< 3,7 \cdot 10^{10}$		< 1	
Класс В	Альфа-излучающие ТРУ нуклиды с $T_{1/2} > 5$ лет	$< 3,7 \cdot 10^2$	Бк/г	< 10	нКи/г
	Pu-241	$< 1,3 \cdot 10^4$		< 350	
	Cm-242	$< 7,4 \cdot 10^4$		< 2000	
Класс С	Ni-63	$1,3 \cdot 10^{11} - 2,59 \cdot 10^{12}$	Бк/м ³	3,5 – 70	Ки/м ³
	Ni-63 в активированном металле	$1,3 \cdot 10^{12} - 2,59 \cdot 10^{13}$		35 – 700	
	Sr-90	$1,48 \cdot 10^9 - 5,55 \cdot 10^{12}$		0,04 – 50	
	Cs-137	$3,7 \cdot 10^{10} - 1,63 \cdot 10^{12}$		1 – 44	
	C-14	$2,96 \cdot 10^{10} - 2,95 \cdot 10^{11}$	Бк/м ³	0,8 – 8	Ки/м ³
	C-14 в активированном металле	$2,96 \cdot 10^{11} - 2,96 \cdot 10^{12}$		8 – 80	
	Ni-59 в активированном металле	$8,14 \cdot 10^{11} - 8,14 \cdot 10^{12}$		22 – 220	
	Nb-94 в активированном металле	$7,4 \cdot 10^8 - 7,4 \cdot 10^9$		0,02 – 0,2	
	Tc-99	$1,11 \cdot 10^{10} - 1,11 \cdot 10^{11}$		0,3 – 3	
	I-129	$2,96 \cdot 10^8 - 2,96 \cdot 10^9$		0,008 – 0,08	
	Ni-63	$2,59 \cdot 10^{12} - 2,59 \cdot 10^{13}$		70 – 700	
	Ni-63 в активированном металле	$2,95 \cdot 10^{13} - 2,59 \cdot 10^{14}$		700 – 7000	
	Sr-90	$5,55 \cdot 10^{12} - 2,59 \cdot 10^{14}$		150 – 7000	
Cs-137	$1,63 \cdot 10^{12} - 1,7 \cdot 10^{14}$		44 – 4600		
Класс GTCC*	Альфа-излучающие ТРУ нуклиды с $T_{1/2} > 5$ лет	$3,7 \cdot 10^2 - 3,7 \cdot 10^3$	Бк/г	10 – 100	нКи/г
	Pu-241	$1,3 \cdot 10^4 - 1,3 \cdot 10^5$		350 – 3500	
	Cm-242	$7,4 \cdot 10^4 - 7,4 \cdot 10^5$		2000 – 20000	

* с англ. “Greater-than-Class-C”, т.е. с удельной активностью выше чем у класса С





Если для НАО в США установлены количественные критерии отнесения по конкретным радионуклидам, то ситуация с ВАО обстоит иначе. Между тем, следует отметить, что большая часть американских ВАО была произведена военными установками Хэнфорда и Саванна Ривер, и поэтому подпадает под классификацию DOE. Что касается ВАО коммерческого происхождения, то NRC определяет данные РАО как:

- облученное реакторное топливо;
- ЖРО, образующиеся на первой стадии экстракции растворителем, и концентрированные отходы, образующиеся на последующих стадиях экстракции, а также на установках по переработке облученного реакторного топлива;
- ТРО, образующиеся в результате переработки таких ЖРО.

В документе 40 CFR Part 191 «Нормы защиты окружающей среды при обращении с ОЯТ, ВАО и трансурановыми РАО и их захоронении» Агентства по охране окружающей среды США, положения которого применимы как к отходам NRC, так и к отходам Министерства энергетики, высокоактивные отходы определяются как «высокорadioактивный материал, образующийся в результате переработки отработавшего топлива, включая жидкие отходы, и любой твердый материал, полученный из таких жидких отходов, содержащий продукты деления в достаточной концентрации, и другой высокоradioактивный материал, который Комиссия по ядерному регулированию США в соответствии с существующим законодательством определяет как материал, подлежащий окончательной изоляции» [7].

Таким образом, в основе американской системы классификации коммерческих РАО лежат источники образования отходов и разделение ответственности между NRC и DOE за окончательное обращение с ними, а не их реальный уровень опасности и риски. Такой подход к классификации РАО уже на протяжении многих лет является объектом критики. К примеру, многие американские специалисты отмечают, что одно только название категории «низкоактивные отходы» способно ввести в заблуждение. Ведь зачастую НАО класса «Выше С» имеют активность, сопоставимую с высокоактивными РАО [8].

В определении ВАО Агентства по охране окружающей среды говорится о «содержании продуктов деления в достаточной концентрации». Однако ни в одном нормативном документе США не приводятся количественных значений «достаточной концентрации». В одном из пояснительных отчетов Комиссии палаты представителей по делам вооруженных сил США (House Armed Services Committee) объясняется, что такое определение позволяет ответственному регулирующему органу, т.е. Агентству по охране окружающей среды, устанавливающему требования радиационной безопасности для пунктов захоронения, «собственнолично определять концентрации продуктов деления и ТРУ элементов, требующие окончательной изоляции». Таким образом, некоторые низкоактивные отходы от переработки ОЯТ могут быть классифицированы и захоронены не как ВАО в случае, если уровень исходящей от них опасности ниже уровня, при котором необходима их окончательная изоляция [8].

Табл. 9.2. Основные характеристики различных классов НАО

	Класс А	Класс В	Класс С	Класс выше С
Форма	Мусор, почва, обломки горных пород, обедненный уран, незначительно загрязненное оборудование и одежда	Элементы реакторных установок, ЗРИ, фильтры и смолы фильтров АЭС	То же, что Класс В, но активность выше	Элементы реакторных установок и смолы фильтров после ВЭ реакторов
Удельная активность	От фоновой до 700 Ки/м ³	0,04–700 Ки/м ³	44–7000 Ки/м ³	Выше, чем у класса С
Основы для определения предельной концентрации отходов	Распад в течение 100 лет до приемлемого уровня, установленного для лиц, проникающих в установку*	Распад в течение 100 лет до приемлемого уровня, установленного для лиц, проникающих в установку*	- распад в течение 100 лет до приемлемого уровня обеспечения безопасности для лиц, проникающих в установку*; - достижение приемлемого уровня обеспечения безопасности через 500 лет; - обеспечение защиты сро-	Законодательно не определены





			ком на 500 лет за счет глубины захоронения и защиты от вторжения	
Глубина	До 30 м	До 30 м	Более 30 м	Геологическое захоронение
Требования к контейнерам	Специальных требований не предусмотрено в том случае, если отходы захорониваются в отдельных камерах	Требование к сохранению стабильности в течение 300 лет	Требование к сохранению стабильности в течение 300 лет	Не применимы
Особые требования к захоронению	Необходима иммобилизация, если захороняются совместно с отходами класса В и С	Нет	Барьеры защиты от вторжения должны выполнять свои функции в течение 500 лет, если условия на площадке не позволяют произвести захоронение на большей глубине	Подлежат захоронению в пунктах геологического захоронения, но могут быть захоронены в приповерхностных пунктах захоронения со специального разрешения NRC

*Приемлемый уровень для лиц, проникающих в установку, определяется на основании максимальной годовой эквивалентной дозы облучения в 500 мбэр (5мЗв) (для всего тела). Приемлемый уровень для населения определяется как максимальная эквивалентная доза, равная 25 мбэр (0,25 мЗв) для всего тела, 75 мбэр (0,75 мЗв) – для щитовидной железы и 25 мбэр (0,25 мЗв) – для любого другого органа.

США



9.3. Реестр и обращение с ОЯТ и РАО

По состоянию на конец 2013 года суммарный реестр ОЯТ составлял порядка 71 700 тонн тяжелого металла (т.т.м), в том числе более 22 000 тонн, хранящихся в сухих приреакторных хранилищах. Более подробные данные по текущему реестру ОЯТ США представлены в табл. 9.3.

Табл. 9.3. Данные по реестру ОЯТ (по пунктам 1-3 информация приведена по состоянию на конец 2010 года, по пункту 4 – за конец 2013 года)

Ответственное лицо	Число установок	Реестр
1. Правительство		
Мокрое хранение	8	34 т.т.м.
Сухое хранение	7	2 120 т.т.м.
2. Университетские исследовательские установки		
Мокрое хранение	21	1 024 кг урана
Сухое хранение	0	0
3. Другие исследовательские установки и установки ЯТЦ		
Мокрое хранение	3	36 кг урана
Сухое хранение	1	102 кг урана
4. Хранение на приреакторной площадке АЭС		
Мокрое хранение	66	50 390 т.т.м
Сухое хранение	61	20 114 т.т.м.

Пункты захоронения коммерческих НАО

Изначально захоронение коммерческих НАО проводилось на шести площадках, расположенных в штатах Вашингтон, Кентукки, Иллинойс, Невада, Нью-Йорк и Южная Каролина. В 1975–1978 гг. площадки в штатах Кентукки, Иллинойс и Нью-Йорк были закрыты из-за обнаружившейся миграции радионуклидов. В настоящее время в США действуют четыре пункта захоронения коммерческих НАО: в Барнвелле (штат Южная Каролина, оператор Energy Solutions, принимает на захоронение упаковки РАО классов А, В и С, образующиеся на площадках трех штатов – Южная Каролина, Коннектикут и Нью-Джерси), в Ричленде (штат Вашингтон, оператор American Ecology Corporation (ранее известная как U.S. Ecology), принимает на захоронение РАО классов А, В и С), в Клайве (штат Юта, оператор Energy Solutions, принимает на захоронение РАО класса А и смешанные НАО) и в Техасе (Texas Compact Facility), из них три установки являются приповерхностными пунктами захоронения (Барнвелл, Ричленд и Клайв) (табл. 9.4).



Табл. 9.4. Реестр коммерческих РАО, размещенных в пунктах захоронения

	Число установок	Объем РАО (классы А, В и С), м ³
Эксплуатируемые	4	4.63E+06
Закрытые	4	4.38E+05

В 1980 году Конгресс США принял закон, обязывающий штаты, не имеющие установок для захоронения, построить их к 1 января 1986 года. Однако вскоре стало очевидно, что выполнить это требование в отведенный срок невозможно, поэтому в 1985 году была принята поправка к закону, согласно которой срок ввода в эксплуатацию новых установок был перенесен на 1993 год. Однако и эти планы не были реализованы.

Сейчас штатам разрешено объединяться и строить региональные пункты захоронения. Так, 41 штат был объединен в 9 регионов. 4 штата собираются строить собственные установки. Остальные штаты намерены заключить договоры с регионами или штатами, планирующими сооружение таких объектов. Таким образом, в США должно быть построено 13 новых коммерческих пунктов захоронения, расположенных в штатах Калифорния, Колорадо, Коннектикут, Иллинойс, Мэн, Массачусетс, Мичиган, Небраска, Нью-Джерси, Нью-Йорк, Северная Каролина, Пенсильвания и Техас.

В настоящее время в большинстве штатов ведутся работы по выбору и характеристике площадок, проектированию установок, разработке процедур лицензирования и т.п. Пока все проекты еще находятся на начальной стадии разработки. Лишь четыре штата (Калифорния, Небраска, Северная Каролина и Техас) определились с местом размещения установок, однако сроки их ввода в эксплуатацию до сих пор не определены.

Коммерческие отходы класса выше, чем С, пока не захоранивают – их хранят в местах своего образования. Долгосрочных планов по обращению с этой категорией отходов пока не существует.

Все действующие пункты захоронения военных и коммерческих НАО являются приповерхностными. В основном это пункты захоронения траншейного типа, которые после заполнения отходами засыпают землей. Однако такой способ захоронения не всегда обеспечивает надежную изоляцию отходов – миграция радионуклидов была зафиксирована уже на целом ряде объектов. Технологию траншейного захоронения планируется использовать и в будущем, а для повышения изоляционных свойств траншеи укрепляют слоем уплотненной глины, бетона или железобетона.

Пункт захоронения НАО, требующих дистанционного обращения

В сентябре 2014 года Министерство энергетики США объявило о строительстве на территории Национальной лаборатории Айдахо нового пункта захоронения НАО, требующих дистанционного обращения (рис. 9.2). В данной установке планируется захоранивать НАО, образующиеся на территории Национальной лаборатории и классифицируемые как требующие дистанционного обращения в виду повышенных уровней излучения, из-за которых обращение с ними должно производиться с применением специальных средств защиты. К таким отходам относят упаковки НАО с уровнем излучения на поверхности контейнера свыше 2 мЗв/час. Это, прежде всего, загрязненный мусор, использованные перчатки и инструменты, ионно-обменные смолы и фильтры.

Раньше эти отходы захоранивались здесь же в специальном пункте окончательной изоляции, который планируется закрыть к 2017 году в рамках реализации программы по очистке и рекультивации территории Национальной лаборатории. Проектированием новой установки, ее сооружением, проведением пуско-



Рис. 9.2 Проект пункта захоронения НАО в Айдахо

США





наладочных работ и вводом в эксплуатацию займется компания Ageva. Стоимость работ по проектированию и строительству должна составить порядка 34 млн долларов США.

Подземная часть установки будет состоять из бетонных цилиндров блочно сборного типа различной высоты и диаметра, установленных вертикально. Их взаимное расположение определяется характером захораниваемых отходов. Каждый такой цилиндр будет установлен на основу из бетона, а сверху закрыт съемной бетонной заглушкой, выполняющей роль радиационной защиты, а также препятствующей проникновению воды внутрь установки. В итоге пункт захоронения будет состоять из 225 бетонных камер, размещенных на глубине порядка 8 метров. Предполагается, что число камер захоронения в конечном итоге будет увеличено до 400.

Строительные работы на площадке планируется завершить в сентябре 2016 года, после чего в течение года будет проведена экспертиза безопасности установки, а ввод объекта в эксплуатацию должен состояться в октябре 2017 года. Согласно предварительным оценкам Министерства энергетики США, при расчетном сроке эксплуатации 50 лет установка будет ежегодно принимать на захоронение около 150 м³ НАО.

Планы по созданию отдельного пункта захоронения для военных ВАО и ОЯТ

В октябре 2014 года команда экспертов под руководством Отдела по атомной энергетике DOE подготовила отчет на тему: «Оценка различных вариантов захоронения ВАО и ОЯТ, находящихся в ведении Министерства энергетики США», т.е. ВАО, образующихся в результате осуществления военных программ, и ОЯТ с промышленных реакторов-наработчиков плутония, а также атомных подводных лодок и кораблей с ядерными силовыми установками. Согласно текущим оценкам, к 2035 году в США будет накоплено около 33,5 тыс. м³ таких РАО, что составит 15% от суммарного объема ВАО и ОЯТ, подлежащих захоронению [16].

Начиная с середины 1980-х гг., все ВАО и ОЯТ вне зависимости от их происхождения планировалось разместить в одном или нескольких пунктах геологического захоронения. В отчете DOE наряду с принятой стратегией захоронения был проанализирован альтернативный вариант, предусматривающий захоронение оборонных РАО отдельно от коммерческих. Выводы экспертов указывают на техническую осуществимость подобной концепции захоронения РАО. При этом на захоронение военных РАО не будут распространяться требования «Закона о ядерных отходах 1982 года». Тем не менее, для строительства и ввода в эксплуатацию такого пункта захоронения требуется получить лицензию NRC. Кроме того, в отношении пункта захоронения будут действовать требования Закона 1982 года в части привлечения властей штата и местных жителей к процессу выбора площадки.

Комиссия рекомендовала Министерству энергетики преступить к реализации поэтапной адаптивной стратегии, направленной на разработку проекта отдельного пункта геологического захоронения для оборонных ВАО и ОЯТ военных реакторов. В этом пункте захоронения может быть размещена часть ОЯТ подводных лодок и кораблей с ядерными силовыми установками. Эксперты отмечают, что обеспечить безопасность захоронения военных РАО не столь проблематично, как в случае коммерческих РАО. Следовательно, разработка проекта пункта захоронения и сам процесс лицензирования будут менее трудоемкими. Кроме того, полученный технический и организационный опыт пригодятся при реализации проекта по созданию национального пункта захоронения коммерческих РАО.

Также в целях обеспечения гибкости процесса эксперты рекомендовали изучить возможность захоронения малых форм отходов в глубинных скважинах, а не в геологическом пункте захоронения [16].

9.4. Опытный завод по изоляции трансурановых отходов (WIPP)

Выбор площадки

Согласно первоначальному замыслу, опытный завод по изоляции ТРУ РАО (WIPP) предназначался для захоронения трансурановых отходов и ВАО оборонного комплекса в экспериментальном масштабе. Еще в 1957 году Американская академия наук разработала руководящие принципы долгосрочной изоляции РАО [9].

В первую очередь комитет академии наук США разработал рекомендации по захоронению ВАО в соляных формациях как наиболее эффективный и экономически целесообразный вариант. Именно по этой причине геологоразведочные работы в первую очередь производились именно в соляных формациях, а лишь затем – в глинистых сланцах.

США





В 1975 году власти города Карлсбад (штат Нью-Мексико) предложили Министерству энергетики построить пункт геологического захоронения неподалеку от города в слоистых соляных формациях мощностью слоя более 600 м. Геологоразведочные работы с бурением скважин в пустыне к юго-востоку от Карлсбада стартовали в 1976 году.

США



Рис. 9.3. Опытный завод по изоляции отходов (WIPP)

Согласно первоначально достигнутой договоренности с властями штата Нью-Мексико, в WIPP предполагалось главным образом захоранивать отходы оборонного комплекса, в том числе долгоживущие трансурановые РАО. Установка после ее доработки в соответствии с текущими планами будет состоять из 70 отсеков для захоронения, расположенных на глубине 650 м (рис. 9.3). Длина каждого отсека – 90 м. WIPP принимает ТРУ РАО уже на протяжении 14 лет. Установка будет полностью заполнена лишь через 25–35 лет. Также на площадке реализуют различные научные эксперименты, в том числе в области физики элементарных частиц, проводятся исследования, связанные с геологическим захоронением отходов и воздействием малых доз радиации на живые организмы. Концепция захоронения РАО в WIPP подробно описана в разделе 16.3.

Принятие решений местными органами власти

В США административно-территориальной единицей первого порядка является округ. Полномочия, которыми наделены власти округа, прописаны в законах штата и достаточно сильно различаются. Так, жители Карлсбада правом вето по вопросу строительства пункта захоронения не обладали, поэтому решение властей штата Нью-Мексико о строительстве пункта геологического захоронения явилось абсолютно законным, а в «соглашении о проведении консультаций и сотрудничестве» было четко оговорено, какие именно отходы могут быть захоронены в WIPP.

Все решения, касающиеся WIPP, были приняты мэром города Карлсбад и властями округа Эдди без проведения референдума. Тем не менее, мэр достаточно энергично продвигал идею строительства установки среди местного населения и смог заручиться поддержкой большинства жителей города Карлсбад, а также жителей соседнего округа Лиа во главе с городом Хоббс.

Роль Правительства

Конгресс США несет ответственность за нормативно-правовое обеспечение в области обращения с РАО, а итоговые решения по всем вопросам принимает Президент США.



Роль разработчика (оператора)

До недавнего времени за финансирование всех работ и сооружение WIPP отвечало Министерство энергетики США. На данный момент DOE несет ответственность за эксплуатацию пункта захоронения.

Выгоды для местного населения от реализации проекта

От реализации программы захоронения город Карлсбад получил, прежде всего, выгоды социального характера. Сюда следует отнести:

- создание Карлсбадского центра исследований и мониторинга окружающей среды;
- создание учебного центра передовых производств и инноваций;
- учреждение образовательных и учебных программ в области охраны окружающей среды и обращения с опасными материалами;
- создание центра повышения квалификации в области обращения с опасными отходами,
- помощь партнеров WIPP, оказанную властям и населению округа;
- создание новых рабочих мест, что принесло наиболее ощутимый эффект для местной экономики;
- преференции, оказываемые в части рынка сбыта местным предприятиям и компаниям, включающие обязательное проведение информационных семинаров для местных предпринимателей, на которых они могут получить информацию о реальных потребностях оператора установки;
- в соответствии с положениями закона 1992 года «Об изъятии земель», в течение 14 лет муниципалитет Карлсбад ежегодно получал по 20 млн долларов США (выплаты прекращены в 2006 году);
- учреждение Фонда ускоренного захоронения РАО – Министерство энергетики в течение последних нескольких лет ежегодно перечисляло Карлсбаду денежные средства в размере 3 млн долларов США в качестве компенсации за ускоренное размещение отходов* (сейчас выплаты прекращены);
- проекты по развитию бизнеса;
- запуск программы научно-технического обмена – WIPP разработал учебные материалы и программное обеспечение, доступные более чем для 300 организаций в 50 населенных пунктах штата Нью-Мексико.

США



Этапы реализации проекта (табл. 9.5)

Табл. 9.5. Этапы реализации проекта по созданию пункта захоронения WIPP

1957 г.	Академия наук США рекомендует соляные формации для сооружения пункта геологического захоронения
1965 г.	Окриджская национальная лаборатория изучает несколько площадок в соляных формациях
1975 г.	Карлсбад обращается к DOE с запросом о размещении установки на своих территориях
1976 г.	DOE начинает проводить исследования площадок с целью подтверждения возможности строительства Опытного завода по изоляции РАО вблизи г. Карлсбад, штат Нью-Мексико
1978 г.	В Карлсбаде создана рабочая группа для решения вопросов, связанных с растущим недовольством общественности из-за планов по строительству WIPP
1979 г.	Конгресс дает разрешение на строительство установки и захоронение в WIPP различных видов отходов, включая тепловыделяющие и трансурановые РАО
1991 г.	Согласно постановлению федерального суда, до начала размещения РАО в WIPP (даже в целях проведения испытаний) проект должен быть одобрен Конгрессом
1994 г.	Конгресс поручает ЕРА провести всестороннюю оценку соответствия установки требованиям безопасности. Оценка проводилась в течение 4 лет, таким образом, общая продолжительность исследований на площадке составила 25 лет
1998 г.	Согласно заключению ЕРА, «имеются достаточные основания полагать, что установка сможет обеспечить безопасную изоляцию большей части захороненных РАО»
1999 г.	Начало работ по захоронению отходов

К концу 2013 года в установке было размещено более 90 900 м³ (8,73·10¹⁶ Бк) трансурановых РАО, произведенных в ходе осуществления оборонных программ, при общей вместимости пункта захоронения порядка 175 500 м³.

* Ускоренное размещение отходов означает, что город раньше прекратит получать экономические выгоды от работы WIPP



9.5. Проект Якка-Маунтин

Процесс выбора площадки

В 1978 году DOE инициировало программу исследований с целью поиска потенциальных площадок для сооружения первого в США пункта геологического захоронения ОЯТ. К 1983 году по результатам исследований было определено 9 площадок, отобранных для проведения детальных геологических изысканий. Через два года круг поиска сузился до трех площадок: Хэнфорд (штат Вашингтон, базальт), Деф Смит (штат Техас, соли) и Якка-Маунтин (штат Невада, туф). В 1987 году, основываясь на полученных данных о высокой стабильности вмещающих пород из туфа и малой интенсивности движения грунтовых вод, Конгресс принял решение о том, что в дальнейших исследованиях по характеристике будет участвовать только Якка-Маунтин. В 1997 году в Якка-Маунтин завершились работы по сооружению подземной исследовательской установки с протяженностью галерей около 8 км. В том же году DOE инициировало программу по оценке технической осуществимости проекта, призванную обобщить результаты уже проведенных работ по характеристике площадки. В 1998 году был опубликован соответствующий итоговый отчет, в котором были представлены рекомендации по поводу дальнейших работ по характеристике.

В июле 1999 года DOE был подготовлен проект заключения о воздействии установки на окружающую среду, представленный общественности. Всего с 1999 по 2001 год было проведено более 60 общественных слушаний.

В мае 2001 года DOE опубликовало научно-технический отчет по итогам исследований в Якка-Маунтин, описывающий основные результаты проведенных НИОКР, в том числе исследований геологических, гидрологических и геохимических характеристик площадки, проект установки и упаковок с РАО, а также содержащий анализ поведения системы захоронения в долгосрочной перспективе и описание связанных с этим неопределенностей.

23 июля 2002 года Президент Джордж Буш подписал предварительно одобренный Конгрессом закон, позволивший отклонять жалобы оппозиции штата Невада. Так, несмотря на то, что жители штата Невада, официально обладали правом вето, фактически вето, наложенное штатом, могло отклонить Правительство. После вступления в силу закона 2002 года площадка Якка-Маунтин была официально утверждена для строительства пункта захоронения. Тем не менее, результаты исследований общественного мнения свидетельствуют о том, что жители округа Най, где расположена площадка, и жители других близлежащих округов в большинстве своем поддержали строительство установки. 18 июля 2006 года Министерство энергетики утвердило новую дату открытия объекта – 31 марта 2017 года.

8 сентября 2006 года руководителем проекта Якка-Маунтин стал Эдвард Спруут, бывший президент компании PECO Energy (штат Пенсильвания). Вскоре после этого по результатам промежуточных выборов в Конгресс лидером большинства в Сенате стал Сенатор от демократической партии штата Невада Хэрри Рейд, ярый противник программы захоронения ОЯТ. Рейд сразу же заявил о том, что сделает все возможное, чтобы проект Якка-Маунтин никогда не был реализован.

В 2008 году по закону о расходах ежегодное финансирование проекта Якка-Маунтин было сокращено до 390 млн долларов. Несмотря на это, благодаря перераспределению ресурсов осуществление проекта можно было бы продолжить и уже в 2008 году подать на рассмотрение заявку на получение лицензии. Кроме того, отсутствие действующего пункта захоронения ОЯТ обходилось и до сих пор обходится государственной казне США от 300 до 500 млн долларов в год. Эти средства приходится выплачивать атомным энергетическим компаниям в качестве компенсации за невыполнение договора, согласно которому пункт захоронения ОЯТ должен был открыться 31 января 1998 года.

Во время президентской кампании 2008 года Барак Обама пообещал своим избирателям, что проект Якка-Маунтин будет закрыт. Однако после его избрания на пост Комиссия по ядерному регулированию США заявила, что Президент не обладает достаточными полномочиями для выполнения своего обещания.

В июле 2009 года абсолютное большинство членов Палаты представителей проголосовало за прекращение финансирования проекта Якка-Маунтин в 2010 году, а министр энергетики заявил, что данная площадка отныне не может считаться приемлемым местом для сооружения установки. В марте 2012 года DOE предложило отозвать заявку на получение лицензии, направленную на рассмотрение NRC. Однако в августе 2013 года федеральный апелляционный суд обязал NRC возобновить рассмотрение заявки.





В январе 2012 года вышел итоговый отчет экспертной комиссии по ядерному будущему США, содержащий рекомендации, касающиеся как разработки законодательных актов, так и принятия решений административного характера, направленных на формирование новой стратегии по обращению с РАО. В январе 2013 года Правительством США были одобрены следующие рекомендации:

- разработать новый подход к выбору площадки для строительства установок по обращению с РАО, основанный на общественном одобрении проекта;
- создать новую организацию, которая будет заниматься исключительно реализацией программ по обращению с РАО, наделить ее соответствующими полномочиями и предоставить необходимые ресурсы;
- открыть доступ к фонду, формируемому за счет отчислений операторов ядерных установок;
- незамедлительно приступить к разработке проекта одного или более пунктов геологического захоронения;
- незамедлительно приступить к разработке проекта одного или более пунктов централизованного хранения;
- принять меры по подготовке к крупномасштабной транспортировке ВАО и ОЯТ в централизованные хранилища и пункт (пункты) геологического захоронения;
- способствовать развитию инновационных технологий и трудовых ресурсов в атомной отрасли;
- обеспечить на международном уровне лидирующие позиции США в решении вопросов, связанных с обеспечением ядерной и радиационной безопасности, обращением с РАО и нераспространением ядерного оружия.

США

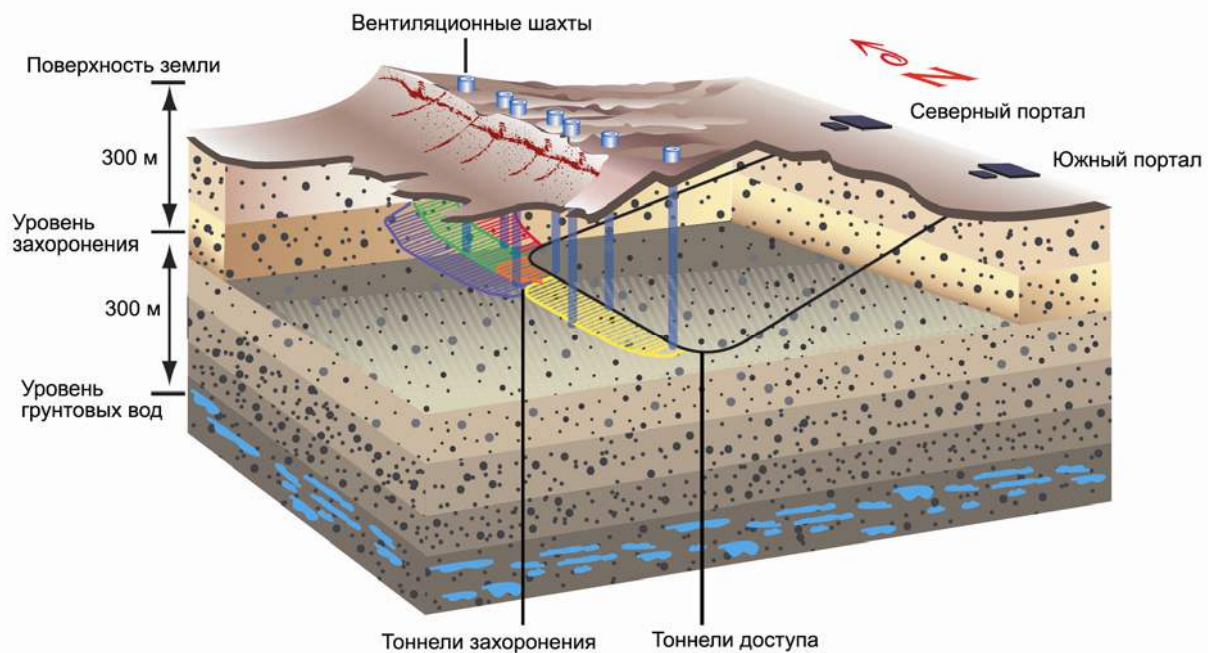


Рис. 9.4. Проект пункта геологического захоронения ОЯТ Якка-Маунтин

Недавно Конгресс утвердил новый план захоронения РАО, изложенный в проекте федерального закона о РАО от 2013 года, согласно которому в ближайшее время будет создан новый независимый орган – Управление по обращению с РАО. Управление будет заниматься решением вопросов, связанных с обращением с РАО, строительством пунктов промежуточного хранения и выбором площадки для сооружения пункта геологического захоронения. Финансироваться все эти мероприятия будут из фонда РАО. Дальнейшая судьба закона пока неизвестна: Конгресс его до сих пор не одобрил, и данный пункт все еще не включен в повестку обсуждений палаты представителей.

Принятие решений местными органами власти

В США административно-территориальной единицей первого порядка является округ. Причем размеры округов и полномочия, которыми наделены власти того или иного округа, могут сильно различаться. Как правило, окончательное решение по любым проектам принимают власти



штата, а решения на местном уровне принимают мэры и власти округа. При этом позиция мэра и властей округа не должна противоречить позиции властей штата. В соответствии с рекомендациями экспертной комиссии и требованиями закона о РАО, процесс выбора площадки будет основываться на взаимодействии разработчика проекта с жителями штатов, органами власти штата, местного самоуправления, основными заинтересованными сторонами и широкой общественностью.

Роль Правительства

Конгресс отвечает за нормативно-правовое обеспечение деятельности по обращению с РАО. Президент США как глава исполнительной ветви федерального правительства принимает итоговые решения.

Выгоды для местного населения от реализации проекта

Редакция закона «О политике обращения с РАО» от 1987 года содержала положения относительно выплат денежных средств населенным пунктам, на территории которых будет построен пункт геологического захоронения как на окружном уровне, так и на уровне штата. Однако штат Невада, выступавший против строительства установки для захоронения, отказался от проведения каких бы то ни было переговоров по этому вопросу, заявив, что само участие в них уже способствует признанию процесса выбора площадки законным.

В соответствии с законом «О политике обращения с РАО», Правительство до недавнего времени взимало с операторов по 0,001 доллара за каждый кВт/ч проданной АЭС электроэнергии в обмен на услуги по захоронению ОЯТ. Всего в фонд РАО ежегодно поступало около 750 млн долларов. При этом захоронение военных РАО финансировалось из государственного бюджета. В целом, ожидается, что военные РАО займут около 30 % объема захоронения и всего 10% по суммарной активности. К настоящему моменту в фонд поступило около 31 млрд долларов. Изначально Правительство намеревалось потратить эти деньги на запуск к 1998 году объекта окончательной изоляции ОЯТ. Всего за годы реализации проекта Якка-Маунтин было потрачено около 7 млрд долларов. Сегодня на балансе фонда РАО по-прежнему находятся 24 млрд долларов США, процент от которых приносит государственной казне США ежегодный доход в размере 1 млрд долларов.

Во время реализации проекта Якка-Маунтин Министерство энергетики перечисляло округу Най денежные средства, которые шли на дорожное строительство и реализацию ряда инфраструктурных проектов.

Сегодня в планах Правительства США значится реализация новой программы по обращению с РАО, включающей три основных этапа:

- К 2021 году – завершить строительные работы и приступить к эксплуатации опытной установки, которая в первую очередь примет на захоронение ОЯТ с остановленных реакторов;
- К 2025 году будут определены площадки для сооружения пунктов промежуточного хранения большой вместимости, достаточной для обеспечения гибкости системы обращения с отходами; при этом передача на хранение больших объемов ОЯТ позволит сократить размер государственного долга за невыполнение обязательств по захоронению ОЯТ;
- К 2048 году планируется достигнуть ощутимого прогресса в выборе площадки для строительства пункта геологического захоронения ОЯТ и ее характеристики.

Этапы реализации проекта по созданию пункта геологического захоронения ОЯТ (табл. 9.5)

Табл. 9.5. Основные этапы реализации проекта по созданию пункта геологического захоронения ОЯТ в США

1983 г.	Определено 9 потенциальных площадок (включая Якка-Маунтин)
1986 г.	Министр энергетики выбрал 5 площадок для проведения исследований, в результате Президенту Р. Рейгану предложили сделать выбор из трех: Якка-Маунтин (Невада), Деф-Смит (Техас), Хэнфорд (Вашингтон).
1987 г.	Согласно новой редакции закона «О политике обращения с РАО», исследования решено проводить только на площадке Якка-Маунтин
1993 г.	После того, как большинство представителей Конгресса выразили свое недовольство проектом Якка-Маунтин, был повторно произведен всеобъемлющий анализ всех уже реализованных и запланированных мероприятий, планов заинтересованных сторон, намеченных сроков осуществления проекта и уже достигнутых результатов





США



1994 г.	Установлены новые задачи по проекту Якка-Маунтин: к 1998 году – провести оценку технической осуществимости проекта; к 2000 году – сформулировать обязательные для исполнения рекомендации относительно площадки и передать отчет о воздействии на окружающую среду (ОВОС) на рассмотрение Президенту США; к 2001 году – подать NRC заявку на получение лицензии
1996 г.	Конгресс урезал финансирование проекта на 40%, из-за чего пришлось изменить программу реализации проекта ЮМ, в том числе отложить на более поздний срок исполнение задач, предусмотренных в рамках плана мероприятий 1994 года.
1998 г.	DOE опубликовало новый план реализации проекта Якка-Маунтин: в декабре 1998 года передать результаты проведенной оценки технической осуществимости проекта на рассмотрение Конгрессу; срок формирования обязательных для исполнения рекомендаций относительно площадки и передачи материалов ОВОС Президенту США перенесен на 2001 год; к 2002 году подать заявку на получение лицензии
1999 г.	ОВОС передан на рассмотрение Конгрессу
2001 г.	Опубликован научно-технический отчет по проекту Якка-Маунтин, дополнивший материалы ОВОС и исследований Американской академии наук и содержащий предварительную оценку пригодности площадки для сооружения установки.
2002 г.	Опубликована окончательная версия ОВОС; Министр энергетики рекомендует площадку Якка-Маунтин Президенту США; Президент рекомендует Конгрессу одобрить проект Якка-Маунтин и приступить к оформлению разрешения на строительство; Штат Невада накладывает вето на проект; Конгресс одобряет проект и отклоняет вето – судьбу Якка-Маунтин должна определить NRC
2003 г.	К концу финансового 2003 года на реализацию проекта Якка-Маунтин потрачено 4,6 млрд долларов. Другие расходы, связанные с обращением с ВАО, составили 7,6 млрд долларов. Бюджет проекта Якка-Маунтин на 2003 год – 350 млн долларов.
2004 г.	Управление по обращению с гражданскими РАО подает бюджетную заявку на 2004 финансовый год в размере 590 млн долларов.
2008 г.	NRC начинает рассмотрение заявки на получение лицензии на эксплуатацию. Согласно положениям законопроекта о расходах, финансирование проекта Якка-Маунтин было сокращено до 390 млн долларов, хотя геологоразведочные работы на площадке продолжались. Во время своей предвыборной кампании Барак Обама обещает закрыть проект Якка-Маунтин.
2009 г.	Конгресс принимает решение о прекращении любой деятельности по проекту Якка-Маунтин, за исключением работ, связанных с рассмотрением заявки на получение лицензии. Выходит постановление Сената о снятии Якка-Маунтин с дальнейшего рассмотрения в качестве площадки для строительства пункта геологического захоронения. Научно-исследовательская служба Конгресса США публикует отчет об альтернативах Якка-Маунтин
2012 г.	Экспертная комиссия публикует итоговый отчет – проблема поиска площадки для строительства пункта централизованного глубинного захоронения ОЯТ признана актуальной. При этом ключевым аспектом процесса выбора площадки становится принцип добровольного участия муниципалитетов и одобрения проекта местными жителями.
Январь 2013 г.	DOE публикует стратегию обращения с ОЯТ и ВАО и их захоронения.
2013 г.	Опубликован проект закона о РАО, согласно которому в ближайшее время будет создан новый независимый орган – Управление по обращению с РАО.
Август 2013 г.	Апелляционный суд США обязал NRC продолжить рассмотрение заявки.
2014 г.	Процесс лицензирования объекта Якка-Маунтин остановлен в связи с тем, что новый проект бюджета США на 2014 г. не предусматривал выделения каких-либо средств ни на обработку заявки на получение лицензии, ни на рассмотрение этого вопроса NRC. DOE прекратило сбор средств с операторов АЭС в фонд РАО

В ноябре 2013 года NRC продолжила рассмотрение Отчета по обоснованию безопасности пункта захоронения Якка-Маунтин. Кроме того, Комиссия обратилась к Министерству энергетики США с просьбой подготовить дополнение к ОВОС – последний документ, необходимый для завершения процедуры экологической экспертизы проекта.

Впервые Министерство энергетики подало заявку на получение лицензии на строительство и эксплуатацию установки еще в 2008 году. Однако в 2009 году регулятор приостановил процесс рассмотрения лицензии в связи с решением Правительства США о закрытии проекта. После чего по решению Апелляционного суда США от августа 2013 года NRC продолжила рассмотрение заявки. Судебное решение было принято на основании того факта, что закрытие проекта явилось



незаконным в виду наличия на тот момент достаточных денежных средств для продолжения реализации проекта (около 11 млн долларов).

Заявление NRC о возобновлении рассмотрения документов было сделано сразу вслед за оглашением решения суда о предоставлении атомно-энергетической компании Янки компенсации в размере 235 млн долларов в счет возмещения убытков, понесенных ею в результате неисполнения государством обязательств по захоронению ОЯТ. Все три реакторные установки, принадлежащие этой компании, на данный момент выведены из эксплуатации, однако ОЯТ и ВАО по-прежнему хранятся на приреакторных площадках оператора.

В соответствии с постановлением Федерального Претензионного суда США от 14 ноября 2013 года, компании Янки была предоставлена компенсация в размере: 126,3 млн долларов за обращение с ОЯТ на установке Коннектикут Янки (Haddam Neck); 73,3 млн долларов – на Янки Атомик; 35,8 млн долларов – на Мейн Янки. На всех трех реакторных площадках действуют сухие хранилища, которые также называют Независимыми установками для хранения ОЯТ (ISFSI). Радиоактивные материалы размещены в них в соответствии с требованиями NRC и будут храниться в этих установках до тех пор, пока Министерство энергетики не сможет исполнить свои обязательства по захоронению [10].

В начале 2015 года в ожидании подвижек с созданием пункта централизованного захоронения ОЯТ компания Waste Control Specialists (WCS), базирующаяся в Техасе, анонсировала планы по строительству пункта промежуточного хранения ОЯТ в городе Эндрюз штат Техас. По мнению американских специалистов, создание такого хранилища в отсутствие возможности для скорой реализации проекта окончательной изоляции ОЯТ является единственным выходом из сложившейся ситуации. В феврале 2015 года WCS подписала контракт с компанией Areva на оказание помощи в подготовке заявки на получение лицензии и отчета о воздействии на окружающую среду. Ожидается, что заявка будет направлена на рассмотрение регулятору уже в апреле 2016 года, а начало строительных работ на площадке запланировано на декабрь 2020 года [17].

Между тем, в начале 2014 года процесс лицензирования объекта Якка-Маунтин был снова остановлен в связи с тем, что новый проект бюджета США на 2014 год не предусматривал выделения каких-либо средств ни на обработку заявки на получение лицензии, ни на рассмотрение этого вопроса NRC [11].

С 16 мая 2014 года DOE прекратило сбор средств с операторов АЭС в фонд РАО. Данное решение было принято во исполнение постановления Апелляционного суда США, рассмотревшего иск, поданный в 2011 году от лица операторов ядерных установок и регуляторов Национальной ассоциацией представителей энергетических компаний по вопросам регулирования (NARUC) и Институтом ядерной энергетики США (NEI).

В октябре 2014 года NRC опубликовала третий том отчета по обоснованию безопасности. Согласно выводам экспертов, проект пункта захоронения полностью удовлетворяет всем требованиям безопасности, применимым к установке после ее окончательного закрытия. Кроме того, эксперты NRC подтвердили тот факт, что установка обеспечивает соблюдение всех норм безопасности, защиты здоровья человека и грунтовых вод, а также гарантирует защиту от непреднамеренного проникновения. Таким образом, проект пункта геологического захоронения Якка-Маунтин, разработанный Министерством энергетики США, получил официальное одобрение регулятора. Первый том ООБ был опубликован в августе 2010 года и содержал общие сведения об установке.

В декабре 2014 года NRC опубликовала четвертый том отчета по обоснованию безопасности, в котором были рассмотрены программные и организационные требования к проекту захоронения. Согласно выводам экспертной комиссии, большая часть таких требований была соблюдена. Исключения составляют лишь требования в отношении прав собственности на земле- и водопользование. До настоящего момента участок земли, отведенный под строительство пункта захоронения, так и не был приобретен DOE в собственность, а этот процесс может надолго затянуться и стать серьезной помехой на пути своевременной реализации проекта [18].

В январе 2015 года были, наконец, опубликованы два заключительных тома отчета по обоснованию безопасности: «Том 2», охватывающий вопросы обеспечения безопасности захоронения РАО после окончательного закрытия пункта захоронения, и «Том 5», описывающий необходимые условия получения разрешения на строительство установки и лицензионные требования. Из-за отсутствия у DOE прав на пользование земельным участком и водными ресурсами на площадке Якка-Маунтин эксперты NRC пока не могут выдать разрешение на строительство установки [19].





Между тем, эксперты NRC отмечают, что завершение публикации серии отчетов по обоснованию безопасности пункта захоронения Якка-Маунтин не следует рассматривать в качестве предвестника скорого получения разрешения на строительство и эксплуатацию установки – для принятия окончательного решения о выдаче лицензии необходимо завершить процедуру экологической экспертизы проекта, экспертам NRC следует подготовить заключение по дополнительным материалам, включенным в итоговую оценку воздействия на окружающую среду, а сотрудникам DOE – организовать и провести общественные слушания [19].

Требование регулятора относительно подготовки заключения по материалам, дополняющим исходную версию ОВОС, обусловлено тем, что в ходе первоначального рассмотрения ОВОС в 2008 году эксперты NRC пришли к выводу о том, что в направленных на рассмотрение документах не достаточно подробно описано воздействие установки на грунтовые воды, а также последствия выхода грунтовых вод на поверхность. В 2013 году регулятор обратился к DOE с просьбой подготовить соответствующие дополняющие материалы. В ответ Министерство энергетики направило NRC обновленные данные по результатам анализа воздействия установки на грунтовые воды после ее закрытия, а в феврале 2015 года NRC занялась подготовкой заключения по дополнению к ОВОС, в котором было бы приведено описание местного водоносного горизонта, рассмотрены потенциальные загрязняющие вещества и уровни загрязнения, а также вероятные пути перемещения загрязняющих веществ с грунтовыми водами. В заключении будут также отражены особенности воздействия загрязненных грунтовых вод на почву и окружающую среду. Ожидается, что заключение будет подготовлено к осени 2015 года. После чего состоятся общественные слушания – два заседания в штате Невада и одно в Мэриленде. Окончательная версия заключения будет опубликована весной 2016 года [20].

Литература к главе 9

1. OECD/NEA, Radioactive Waste Management Programmes in OECD/NEA Member Countries, USA, Profile, Organization for Economic Cooperation and Development/Nuclear Energy Agency, 2011.
2. World Nuclear Association, Storage and Disposal Options, Radioactive Waste Management Appendix 2 (Updated August 2013).
3. World Nuclear Association, National Policies Radioactive Waste Management - Appendix 3 (updated April 2013).
4. Waste Inventory Record-Keeping Systems (WIRKS) in the United States of America, Douglas Tonkay Office of Commercial Disposition Options United States Department of Energy, 2005.
5. CRS Report for Congress, Radioactive Waste Streams: Waste Classification for Disposal, Anthony Andrews, December 2006.
6. 10 C.F.R. 61 «Licensing Requirements for Land Disposal of Radioactive Waste», 1987.
7. 40 CFR Part 191 «Environmental Radiation Protection Standards for Management and Disposal of Spent Nuclear Fuel, High-Level And Transuranic Radioactive Wastes».
8. Fuel Cycle to Nowhere: Law and Policy, Richard Burlison, 2011.
9. Geological disposal: overview of international siting processes, Nuclear Decommissioning Authority, UK, September 2013.
10. Reviving Yucca Mountain, World Nuclear News, November 2013
11. Disposal Site for Spent Nuclear Fuel Could Change The Insurance Picture For Nuclear Plant Owners, Erin L. Webb, Dickstein Shapiro LLP, January 2014
12. Court orders halt to nuclear waste fees, World Nuclear News, November 2013
13. Zero day for US nuclear waste fee, World Nuclear News, May 2014
14. New waste facility for Idaho laboratory, World Nuclear News, August 2014
15. NRC accepts Yucca Mountain design, World Nuclear News, October 2014
16. Separate repository for US military waste? World Nuclear News, October 2014.
17. US company plans interim waste facility, World Nuclear News, February 2015.
18. NRC publishes Volume 4 of Yucca Mountain report, World Nuclear News, December 2014.
19. Yucca Mountain safety review complete, World Nuclear News, January 2015.
20. NRC to supplement Yucca Mountain environmental impact assessment, World Nuclear News, March 2015.



10. Финляндия

Стратегия обращения с ОЯТ

Прямое захоронение ОЯТ без предварительной переработки

Реестр РАО и ОЯТ (по состоянию на конец 2013 года)

Тип РАО	Установка	Количество (активность)
ОЯТ АЭС	АЭС Ловииса	560 мт
	АЭС Олкилуото	1 424 мт
	Итого	1984 мт
НАО и САО (за исключением активированного металла)	АЭС Ловииса	3 487 м ³ (17 ТБк)
	АЭС Олкилуото	6 118 м ³ (71 ТБк)
	Итого	9 556 м³ (88 ТБк)
Небольшие объемы РАО от других производителей (не АЭС)	Пункт централизованного хранения	56 м ³ (50 ТБк*)

Проект по созданию пункта захоронения

Тип захораниваемых отходов	ОЯТ (ONKALO)
Тип вмещающих пород	гранты/гнейс
Глубина захоронения, м	400
Возможность повторного извлечения отходов	да
Запуск программы НИОКР	1987 г.
Начало работ по поиску площадки	1983 г.
Текущий статус проекта	рассмотрение заявки регулятором
Планируемая дата ввода в эксплуатацию	2022 г.
Плотность населения в стране (в районе размещения), чел/км ²	17 (17,2)
Право вето у местного населения	да
Денежные выплаты муниципалитетам	нет
Программа привлечения местного населения	разработана, реализуется в рамках процедуры ОВОС
Площадка расположена вблизи ядерных объектов	да

Подземная исследовательская лаборатория

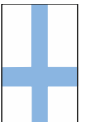
Название	ONKALO
Тип ПИЛ	КН
Тип пород	Гранит
Глубина, м	500
Период эксплуатации	с 2004 г.

Организационные аспекты

Органы государственного управления в области обращения с ОЯТ и РАО	МЕЕ — 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)

* в основном РАО, содержащие тритий

** негосударственная организация, 60 % акций принадлежат компании TVO, 40% - компании Fortum.



В Финляндии действуют четыре реакторных блока АЭС Ловииса и Олкилуото (рис. 10.1), суммарный объем выработки энергии на которых в 2013 году составил 22,67 ТВт, что соответствует 33% всей электроэнергетики, произведенной в стране за этот период. Еще один реакторный блок Олкилуото-3 будет введен в эксплуатацию в 2016 году – на данный момент продолжаются работы по его сооружению. Кроме того, запланировано строительство еще двух реакторов: компания TVO планирует подать заявку на сооружение блока Олкилуото-4 в 2015 году, а ввод в эксплуатацию реактора Ханхикиви запланирован на 2024 год [1, 2].

В Финляндии утверждена стратегия прямого захоронения ОЯТ. В декабре 2000 года Правительство приняло решение о строительстве пункта геологического захоронения на площадке Олкилуото в городе Эурайоки. В 2004 году началось сооружение подземного объекта *ONKALO* для определения характеристик вмещающих пород. Предполагаемые сроки реализации проекта представлены в табл. 10.1 [3, 4].

Табл. 10.1. Сроки реализации проекта финского ПГЗ

~ 2020 г.	Подача заявки на получение лицензии на эксплуатацию
~ 2022 г.	Начало размещения ОЯТ
~2112 г.	Прекращение работ по захоронению
~2120 г.	Закрытие пункта геологического захоронения



Рис. 10.1. Основные ядерные установки Финляндии

10.1. Ведомства, ответственные за реализацию проектов захоронения

Требования к процедуре выбора площадки и порядку лицензирования будущего пункта захоронения ОЯТ прописаны в законе «О ядерной энергии» от 1987 года. В целом весь процесс лицензирования можно разбить на четыре основных этапа [5]:

1. Оценка воздействия установки на окружающую среду.
2. Подача заявки на принятие принципиального решения Парламентом.
3. Получение лицензии на строительство установки.
4. Получение лицензии на эксплуатацию установки.



Кроме того, в законе «О ядерной энергии» определены роли и ответственность ключевых участников процесса обращения с РАО (рис. 10.2) [6]:

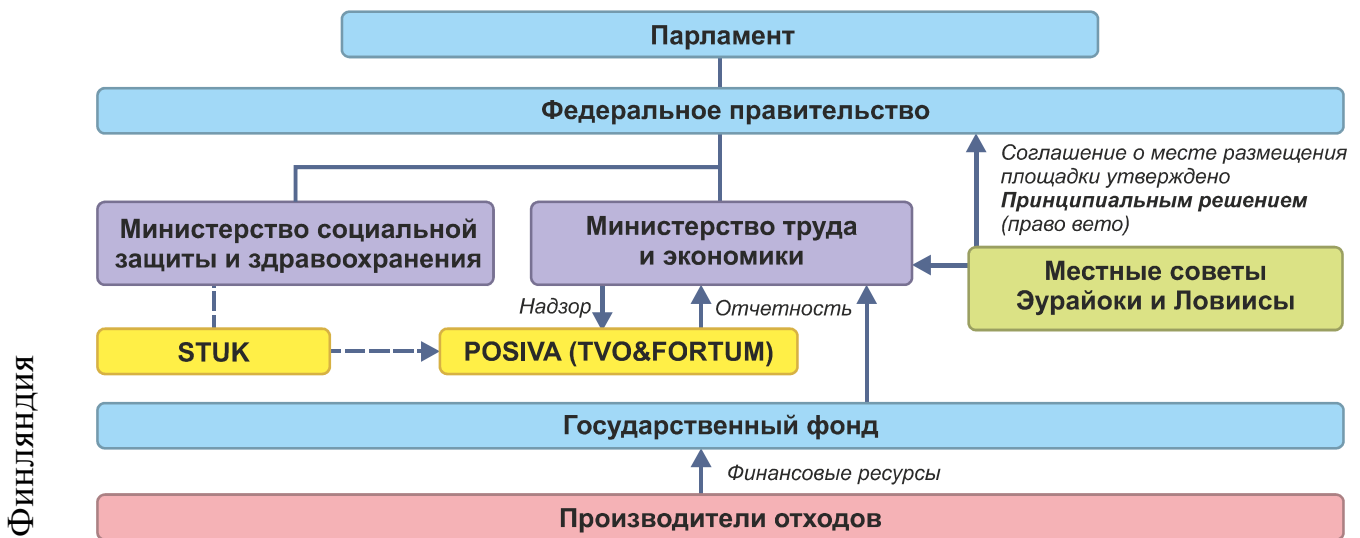


Рис. 10.2. Схема взаимодействия заинтересованных сторон в рамках программы по захоронению ОЯТ

- *Правительство* выдает лицензии на ядерные установки и издает основополагающие нормативно-правовые акты в области обеспечения ядерной и радиационной безопасности.
- *Министерство труда и экономики (МЕЕ)* осуществляет надзор за деятельностью в области обращения с РАО и проведением НИОКР, следит за тем, чтобы осуществляемые операторами мероприятия соответствовали требованиям национальной политики. Кроме того, МЕЕ совместно с представителями Государственного Фонда по обращению с РАО следит за наличием достаточных денежных средств для обеспечения обращения с РАО в будущем.
- *Управление по радиационной и ядерной безопасности (STUK)* осуществляет надзор за ядерной и радиационной безопасностью, занимается изданием подробных нормативных требований, а также рассмотрением заявок на получение лицензий операторами ядерных установок.
- *Компания Posiva Oy* несет ответственность за обращение с ОЯТ АЭС, операторами которых являются соответственно TVO и Fortum. Таким образом, Posiva Oy также отвечает и за захоронение ОЯТ, включая деятельность по выбору площадки и лицензированию установки. После того как АЭС будут выведены из эксплуатации, а ОЯТ – надлежащим образом окончательно изолировано в пункте геологического захоронения, государство станет полноправным собственником захороненного ОЯТ и будет нести ответственность за дальнейшее обращение с ним.
- Во исполнение положений закона «О ядерной энергии» был утвержден *Государственный фонд по обращению с ядерными отходами*, формируемый за счет отчислений финских операторов АЭС. Управление фондом поручено Министерству труда и экономики. Основываясь на оценках затрат на обращение с РАО в будущем, а также рекомендациях экспертов, Министерство ежегодно пересматривает размер отчислений, уплачиваемых операторами установок в данный фонд. В 2013 году операторы финских АЭС внесли в фонд порядка 5,7 млн евро, а владельцы предприятий по обращению с РАО – около 1,7 млн евро. По состоянию на конец января 2014 года в фонде было накоплено более 2,1 млрд евро.

10.2. Классификация, реестр и обращение с РАО

Согласно финскому закону «О ядерной энергии» ядерные отходы* – это ОЯТ или РАО, находящиеся в иной форме и произведенные в результате деятельности по использованию атомной энергии. Производители ядерных отходов несут ответственность за обращение с ОЯТ и РАО, образующимися в Финляндии. Реестр РАО, накопленных в Финляндии к концу 2013 года, представлен в сводной таблице по стране [3, 4]. Согласно прогнозам, в результате вывода из эксплуатации действующих на сегодняшний день АЭС должно образоваться порядка 56 000 м³ НАО и САО.

* Nuclear waste



Обращение с отработавшим топливом

В Финляндии ОЯТ подлежит хранению в приреакторных бассейнах выдержки на протяжении нескольких десятилетий, после чего оно должно быть инкапсулировано и окончательно изолировано в пункте геологического захоронения, расположенном на глубине 500 м в кристаллических вмещающих породах. На данный момент на площадке будущего пункта захоронения уже действует объект по определению характеристик пород, а в декабре 2012 года на рассмотрение регулятору была направлена заявка на сооружение самого пункта захоронения.

Что касается промежуточного хранения, то в хранилищах ОЯТ на приреакторной площадке АЭС Ловииса хватит места для размещения новых партий ОЯТ до момента ввода в эксплуатацию национального пункта захоронения. На АЭС Олкилуото свободная емкость хранилища ОЯТ была полностью исчерпана в середине 2015 года.

Обращение с НАО и САО

Согласно финской классификации РАО, твердые и жидкие отходы, образующиеся на АЭС и содержащие по большей части только короткоживущие бета- и гамма-излучающие радионуклиды, по активности делятся на две категории [4]:

- *Низкоактивные отходы* содержат настолько малые концентрации радиоактивных веществ, что их переработка на АЭС может производиться без специальных мер предосторожности. При этом удельная активность таких отходов, как правило, не превышает 1 МБк/кг.
- *Среднеактивные отходы* содержат более высокие концентрации радиоактивных веществ, при которых в процессе обращения на АЭС требуется применение специальных мер предосторожности. При этом удельная активность таких отходов находится в диапазоне от 1 МБк/кг до 10 ГБк/кг.

Кроме того, финская система классификации учитывает разделение РАО на долго- и короткоживущие:

- *Короткоживущими отходами* являются РАО, удельная активность которых через 500 лет: (1) не превысит 100 МБк/кг для отдельной упаковки с отходами; или (2) 10 МБк/кг для ячейки захоронения.
- *Долгоживущими отходами* являются РАО, чья удельная активность через 500 лет (1) превысит 100 МБк/кг для отдельной упаковки с отходами; (2) или 10 МБк/кг для ячейки захоронения.

САО и НАО, образующиеся в результате эксплуатации АЭС, захораниваются в приповерхностных пунктах захоронения, расположенных на приреакторных площадках (рис. 10.3). Пункт захоронения на АЭС Олкилуото принимает НАО и САО с 1992 года, а на АЭС Ловииса – с 1998 года. Кроме того, на этих площадках имеются установки по кондиционированию РАО.

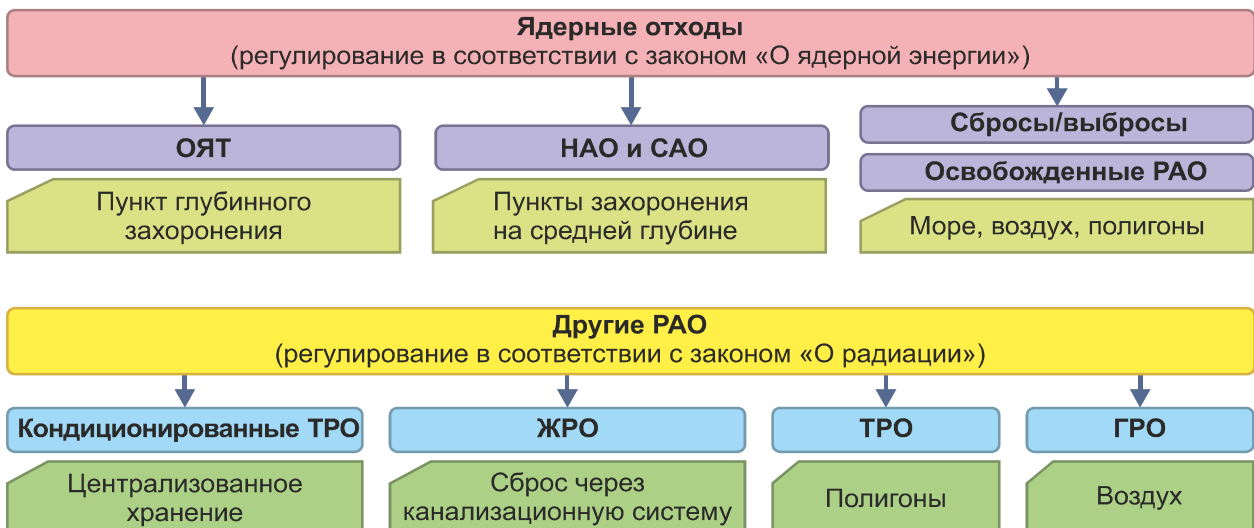


Рис. 10.3. Обращение с различными видами РАО в Финляндии

Пункты захоронения НАО и САО на площадках Ловииса и Олкилуото

Пункт геологического захоронения НАО и САО, действующий на приреакторной площадке АЭС Ловииса, расположен на глубине около 110 м во вмещающих породах из гранита. Пункт захоронения состоит из двух тоннелей для захоронения твердых НАО и камеры для окончательной изоляции иммобилизованных САО, работы по сооружению которой были завершены в 2007 году (рис. 10.4).



Рис. 10.4. Пункт захоронения НАО и CAO в Олкилуото (глубина 60–95 м)

Пункт геологического захоронения НАО и CAO, действующий на приреакторной площадке АЭС Олкилуото, состоит из двух цилиндрических камер, расположенных на глубине 60–95 м во вмещающих породах из тоналита. Одна камера, стены которой облицованы торкретбетоном, предназначена для захоронения твердых НАО, другая, стены которой выполнены из толстого слоя бетона, используется для захоронения битуминизированных CAO. РАО захоранивают в бетонных контейнерах, каждый из которых способен вместить 16 канистр с РАО. В будущем вместимость установки планируется увеличить, что позволит поместить на захоронение весь объем НАО и CAO с четырех блоков АЭС Олкилуото с учетом проектного срока службы продолжительностью 60 лет (рис. 10.5).

Перед захоронением НАО и CAO подвергаются обработке на территории АЭС: отходы сортируют, обрабатывают, кондиционируют, упаковывают, проводят инспекцию упаковок и направляют в пункты промежуточного хранения. На АЭС Ловииса жидкие НАО и CAO (радиоактивные концентраты, например, отработавшие ионно-обменные смолы, кубовые осадки от выпаривания, шлам, образованный продуктами коррозии, шлам от дезактивационных работ и т.п.) некоторое время хранят в специальных резервуарах на территории АЭС, а затем кондиционируют на установке цементирования, введенной в эксплуатацию в 2006 году. Для иммобилизации НАО и CAO на АЭС Олкилуото используют битум.

Что касается ОНАО, то они подлежат условному или безусловному* освобождению от регулирующего контроля. Такие отходы либо подлежат повторному использованию, либо захораниваются на полигонах. На АЭС Олкилуото имеется собственный полигон для захоронения ОНАО, а ОНАО с АЭС Ловииса вывозят на муниципальные полигоны.

НАО и CAO, образующиеся в результате эксплуатации исследовательского реактора FiR1, хранят на приреакторной площадке. В дальнейшем отходы, образовавшиеся в результате его эксплуатации и проведения работ по ВЭ, планируется захоронить на приреакторной площадке АЭС Ловииса.

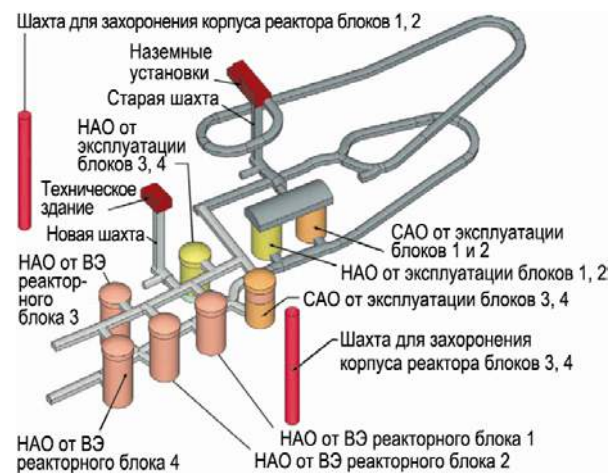


Рис. 10.5. Планы по расширению пункта геологического захоронения НАО и CAO на АЭС Олкилуото

* Безусловному освобождению подлежат отходы, активность которых настолько мала, что их нельзя отнести к категории ядерных отходов. Поэтому нет специальных требований к способам их захоронения или переработки. Ограничений на их дальнейшее использование также не накладывается. В случае условного освобождения требования по безопасности при перевозке, переработке и захоронении таких РАО, включая предельные значения активности, должны устанавливаться для каждого отдельного случая. По смыслу такой подход, распространенный, главным образом, в странах Северной Европы, практически идентичен реализации концепции изъятия и освобождения, рекомендованный МАГАТЭ для обеспечения радиационной безопасности [7, 8]



10.3. Статус проекта по созданию пункта геологического захоронения ОЯТ

В основе финского проекта по захоронению ОЯТ лежит концепция KBS-3, разработанная компанией SKB, реализующей программу геологического захоронения ОЯТ в Швеции. Согласно утвержденной концепции, ОЯТ подлежит инкапсуляции в водо- и газонепроницаемые канистры из меди со вставками из чугуна, позволяющими повысить механическую прочность конструкции, минимизировать деформации, обеспечить дополнительную экранирующую защиту от радиоактивного излучения и восстановительные химические условия в случае нарушения целостности медной канистры. ОЯТ планируется захоронять в сети тоннелей, расположенных на глубине 400–450 м в толще кристаллических пород. На данный момент изучается два способа размещения канистр – вертикальный (референтный) и горизонтальный. При вертикальном размещении каждая канистра будет захоронена в индивидуальной скважине, пробуренной в полу тоннеля захоронения. Канистры планируется окружить буфером из компактированного бентонита, обеспечивающего изоляцию от вмещающих пород. При закрытии установки тоннели захоронения, центральные тоннели и другие подземные выработки будут засыпаны малопроницаемыми материалами. При этом основная функция вмещающих пород будет заключаться в обеспечении стабильных условий, способствующих поддержанию показателей функционирования инженерных барьеров безопасности, и снижении вероятности непреднамеренного проникновения человека в установку. В случае отказа ИББ вмещающие породы помогут задержать и отсрочить выход радиоактивных веществ за пределы системы захоронения.

Работы по поиску площадок-кандидатов для сооружения пункта геологического захоронения ОЯТ стартовали еще в 1983 году (рис. 10.6). В 1987–1999 годы на шести площадках были проведены предварительные геологические исследования. В мае 1999 года компания Posiva направила на рассмотрение Правительству ходатайство о «принятии принципиального решения» и материалы ОВОС. В декабре 2000 года Правительство приняло решение о строительстве пункта геологического захоронения на площадке Олкилуото вблизи города Эурайоки [9, 10].

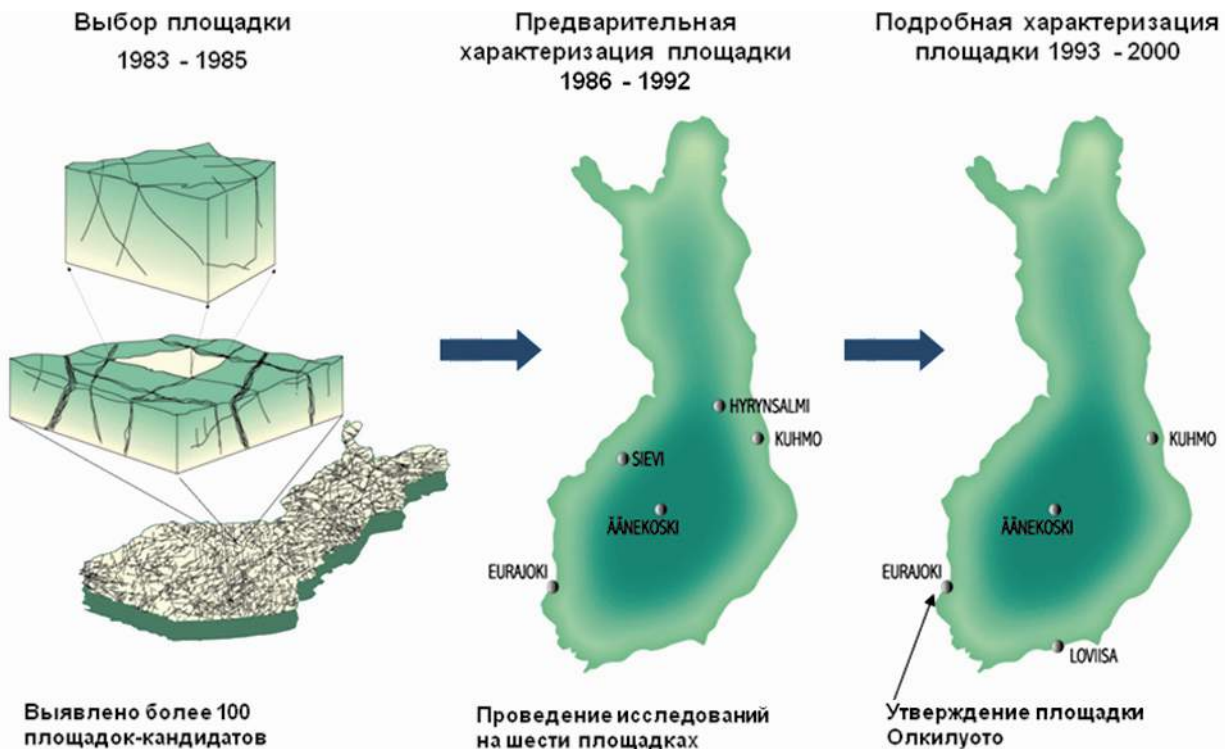
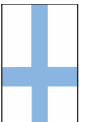


Рис. 10.6. Хронология процесса выбора площадки для пункта глубинного захоронения

В 2004 году началось сооружение объекта ONKALO для определения характеристик пород – первой в мире и на сегодняшний день единственной исследовательской установки, расположенной непосредственно на участке будущего захоронения РАО. Глубина размещения установки составила более 400 м, что соответствует окончательной глубине захоронения ОЯТ. Буровзрывные работы стартовали 29 июня 2004 года, а через два месяца началась проходка горных выработок, совмещенная с НИОКР. Проводимые исследования в первую очередь были призваны доказать



пригодность геологических формаций для строительства пункта захоронения, а также выявить участки внутри вмещающих пород, наиболее пригодные для прокладки тоннелей захоронения (рис. 10.7).

Финляндия

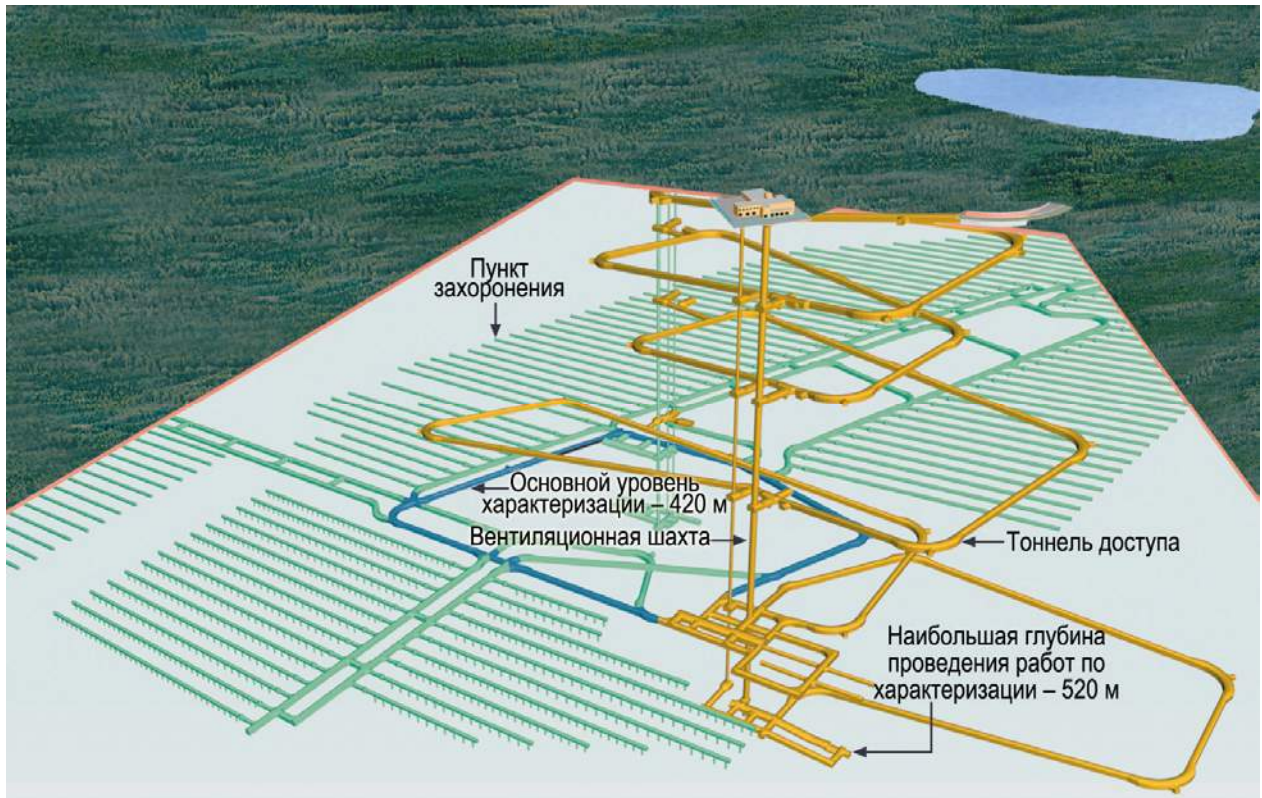
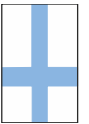


Рис. 10.7. Проект пункта захоронения (выделено зеленым цветом) и установки по характеристикам пород (выделено желтым и синим цветами)

В декабре 2012 года компания Posiva подала заявку на получение лицензии на строительство пункта геологического захоронения, рассчитанного на прием 9 000 тон ОЯТ с АЭС Олкилуото и Ловииса, а также на сооружение завода по инкапсуляции. Заявку на получение эксплуатационной лицензии для пункта захоронения планируется подать в 2020 году, а ввод объекта в эксплуатацию намечен на 2022 год.

В 2014 году Posiva приступила к проведению полномасштабных испытаний на площадке ONKALO с целью оценки функциональных возможностей оборудования и технологий, которые планируется использовать при захоронении РАО. До проведения испытаний под землей, предполагающих закладку буфера из бетонита и размещение канистр внутри объекта, данные о показателях функционирования нового оборудования будут собраны в ходе испытаний в поверхностном сооружении, ввод в эксплуатацию которого состоялся в феврале 2014 года. Между тем, к испытаниям в реальных условиях, в ходе которых тоннели пункта захоронения герметизируют с помощью тампонажного материала из железобетона, приступили еще в конце 2014 года [11]. На данный момент Posiva также проводит подготовительные работы для сооружения завода по инкапсуляции – строительные работы должны стартовать в течение 2015 года.

В феврале 2014 года в ONKALO завершились работы по проходке шахты приточной вентиляции, в ходе которых было осуществлено бурение с уровня 290 м до 455 м, затем конструкция скважины была усилена с использованием смеси цемента и кремнезема, установлена заглушка из железобетона [12]. В апреле 2014 года завершились работы по проходке всех вертикальных шахтных стволов ONKALO. Глубина стволов шахты для доступа персонала и шахты воздухозабора составила 455 м, глубина шахты для отвода воздуха – 437 м [13]. Весной 2014 года начались испытания полноразмерных наружных медных контейнеров (Т84) для окончательного захоронения РАО с использованием техник неразрушающего контроля [14].



В июне 2014 года в Олкилуото был доставлен прототип устройства по транспортировке и установке канистр с РАО (рис. 10.8). Осенью начались испытания по установке канистр с РАО весом до 103 тонн в отсеки захоронения, пробуренные во вмещающих породах. С момента начала разработки проекта до изготовления прототипа аппарата, чья конструкция оптимизирована под размеры тоннелей захоронения, прошло около четырех лет. По планам данная установка будет использоваться для транспортировки канистр с РАО из пункта промежуточного хранения, расположенного на поверхности земли на 400 м выше уровня захоронения, в тоннель захоронения. Кроме того, установка способна производить операции по размещению канистр в отсеках захоронения, облицованных бентонитовой глиной, с точностью до 10 мм [15].



Рис. 10.8. Прототип устройства по доставке и установке канистр с РАО

При транспортировке канистры с отходами располагаются внутри экранированной камеры в центре установки. Экранировка защитит канистры от падения пород с кровли тоннелей, а также снизит дозовую нагрузку на персонал, находящийся в непосредственной близости от канистр с отходами. Кроме того, в конструкции машины предусмотрен специальный механизм, не допускающий падения канистры во время ее перевозки и установки.

Также в ближайшее время в ONKALO планируется протестировать аппарат по доставке и установке буфера, который будет использоваться для установки блоков буфера из спрессованной бентонитовой глины, в камерах захоронения. Поднятие блоков весом 2 000–3 500 кг будет осуществляться за счет системы вакуумных присосок, а доставка самого аппарата до нужного участка пункта захоронения будет производиться с помощью терминального тягача, оснащенного автоматизированной системой лазерных измерений, которая позволит с высокой точностью ориентировать устройство относительно центра окружности вертикальных камер захоронения [16].

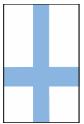
11 февраля 2015 года STUK завершил рассмотрение заявки на сооружение пункта захоронения и завода по инкапсуляции, постановив, что уровень обеспечения безопасности как на этапе эксплуатации, так и в долгосрочной перспективе позволяет принять решение о выдаче лицензии на строительство установок. Положительное заключение регулятора является важным шагом на пути получения самой лицензии. Следует отметить, что лицензия на сооружение установок может быть выдана только после экспертизы отчета, подготовленного STUK, Министерством труда и экономики. Затем заявка на получение лицензии и сопутствующие материалы поступят на рассмотрение Правительству, которое примет окончательное решение. В 2020 году Posiva собирается подать заявку на получение эксплуатационной лицензии. Между тем, срок ввода в эксплуатацию пункта захоронения пока остается прежним – 2022 год [17].

Выбор площадки

В 1983 году Teollisuuden Voima Oyj (TVO), финский оператор АЭС, составил список из 101 потенциальной площадки для строительства пункта глубинного захоронения ОЯТ и приступил к проведению консультаций с местными общинами. В результате в 1987 году для проведения более детальных исследований было утверждено шесть площадок.

В 1992 году TVO объявила, что в дальнейшем исследования будут проводиться только на трех площадках: Ромуваара в Кумо, Киветти в Аанекоски и Эурайоки (вблизи АЭС Олкилуото). К концу 1996 года были подготовлены предварительные отчеты о ходе работ на этих площадках.

В 1999 году в рамках процесса подачи ходатайства о принятии Парламентом принципиального решения Posiva Oy составила итоговый отчет по проекту геологического захоронения ОЯТ в муниципалитете Эурайоки, содержащий общее описание проектируемой установки. Это печатное издание было разослано всем домохозяйствам не только в самом Эурайоки, но и в соседних муниципалитетах. Кроме того, информационные листовки были развешаны на досках объявлений всех муниципальных советов, расположенных вблизи Эурайоки, а соответствующие заметки появились в местных печатных изданиях. Затем в муниципалитете Эурайоки были проведены общественные слушания.



Сам процесс оценки воздействия установки на окружающую среду предусматривал три основных механизма привлечения общественности к участию в процессе выбора и утверждения площадки: проведение общественных слушаний; рассмотрение Министерством труда и экономики мнений, переданных местными жителями в письменной форме; общение местных жителей с контактным лицом, задача которого состояла в информировании всех желающих по вопросам, связанным с реализацией проекта. Одним из аспектов, вызывавших наибольшую обеспокоенность у местных жителей во время ОВОС, стал вопрос о потенциальной возможности повторного извлечения ОЯТ после его захоронения. Поэтому в марте 1999 года Правительство постановило обеспечить возможность повторного извлечения ОЯТ даже после закрытия установки [5].

Важно отметить, что, в соответствии с законом «О ядерной энергии» Правительство не может принять принципиальное решение до тех пор, пока муниципалитет официально не заявит о своем согласии на строительство рассматриваемого объекта. Таким образом, муниципалитеты в Финляндии обладают правом вето. Этим правом муниципалитет Эурайоки воспользовался дважды – в 1993 и 1994 годах. Таким образом, у местных властей ушло всего лишь несколько лет на то, чтобы заручиться поддержкой большинства местных жителей, а добиться этого удалось, во-первых, благодаря запуску Posiva Oy и STUK масштабной информационной кампании, а во-вторых, внесением поправок в действующее законодательство.

Внесение поправок в действующее законодательство в значительной степени способствовало повышению уровня доверия местного населения. Так, в новой редакции закона «О ядерной энергии» был установлен запрет на экспорт ядерных отходов из Финляндии – а это означало, что государство взяло на себя ответственность за захоронение ОЯТ, а также импорт РАО из других стран на захоронение; содержалось требование к осуществлению разработки законодательных норм, регулирующих процесс проведения ОВОС, а также созданию отдельной организации (Posiva Oy), на которую была бы возложена ответственность за реализацию проекта геологического захоронения ОЯТ и взаимодействие с общественностью.

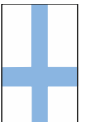
В рамках информационной кампании, инициированной Posiva Oy, была учреждена координационная группа, в состав которой вошли представители Posiva Oy и муниципалитета Эурайоки. Задача координационной группы состояла в том, чтобы выявить все вопросы, вызывающие обеспокоенность у местного населения и предоставить исчерпывающие ответы.

В результате при голосовании муниципального совета по вопросу строительства пункта захоронения в 1999 году проект был поддержан большинством голосов (20 против 7), а в декабре 2000 года Правительство приняло соответствующее принципиальное решение, которое в мае 2001 года было ратифицировано Парламентом (159 голосов «за» и только 3 «против») [5].

Следует отметить, что Финляндия представляет собой один из редких примеров стран, где общественность в большинстве своем положительно оценивает деятельность государства в области использования атомной энергии. Результаты опроса общественного мнения с участием 1000 человек, проведенного компанией Гэллап в январе 2010 года, показали, что 48% финнов положительно относятся к производству электроэнергии на АЭС в Финляндии и лишь 17% – отрицательно. Что касается проекта по сооружению пункта геологического захоронения ОЯТ, то аналогичный опрос был проведен в 2009 году. Тогда изучалось мнение как населения всей страны в целом, так и жителей муниципалитета Эурайоки [5]. Результаты исследования показали, что идею строительства пункта захоронения поддерживает около 84% жителей Эурайоки при том, что за строительство объекта выступает всего около 41% населения Финляндии, а это достаточно хороший показатель, если сравнивать со многими другими странами, например, с Францией или Германией. Для ответа на вопрос, каким же образом Финляндии удалось добиться столь высокого уровня общественного одобрения проекта захоронения ОЯТ, рассмотрим несколько наиболее вероятных предпосылок.

Во-первых, в муниципалитете Эурайоки, выбранном в итоге для размещения установки, расположены два реакторных блока из четырех действующих на сегодняшний день в Финляндии. Опыт Финляндии, а также ряда других стран, например, Канады и Швеции, свидетельствует о том, что строительство подобных объектов в регионах, где уже имеются ядерные установки, имеет намного больше шансов на успешный исход, так как местные жители, как правило, демонстрируют куда более глубокое понимание как технических вопросов, так и того, какую выгоду способна принести реализация проекта захоронения, например, с точки зрения создания новых рабочих мест в регионе.

Во-вторых, по словам Харри Хиитйо, главы муниципалитета Эурайоки, еще одним объяснением отсутствия оппозиции со стороны местных жителей является тот факт, что финны привыкли



доверять заявлениям, сделанным представителями органов государственной власти. Так, если финский регулятор STUK говорит, что данная концепция безопасна, то общественность этому верит, так как знает, что STUK абсолютно независим как от оператора ядерных установок, так и Правительства страны, и не вовлечен в процесс принятия политических решений.

В-третьих, согласно требованиям финского законодательства часть инвестиций в области атомной энергетики должна идти на повышение прозрачности процесса, информированности и вовлеченности заинтересованных сторон и широкой общественности в процесс реализации проекта захоронения.

И наконец, важным элементом повышения доверия общественности стало наделение муниципалитетов правом вето. Именно эти меры позволили повысить уровень доверия местных жителей до небывало высокого уровня. Так, министерство занятости и экономики в сотрудничестве со STUK и властями муниципалитета Эурайоки регулярно проводит общественные слушания, участие в которых принимают представители компаний TVO и Posiva. Также Харри Хиитйо считает, что дополнительную уверенность в безопасности будущего пункта захоронения дает тот факт, что за последние 35 лет эксплуатации на АЭС Олкилуото не произошло ни одного серьезного инцидента [18].

В ноябре 2011 года в Финляндии состоялось заседание рабочей группы, которая попробовала обобщить весь накопленный более чем за 30 лет опыт в создании пункта захоронения ОЯТ. Основные выводы рабочей группы представлены в табл. 10.2 [5].

Табл. 10.2. Выводы рабочей группы по опыту взаимодействия с общественностью в рамках проекта по захоронению ОЯТ

Основные факторы, оказавшие влияние на процесс выбора площадки и его исход	<ul style="list-style-type: none"> • сильная нормативная база (принципиальное решение, принимаемое Парламентом; процедура ОВОС, предусматривающая вовлечение в процесс принятия решений местных жителей; независимость STUK как регулятора, вызывающего доверие у населения страны), поэтапный процесс принятия решений, простая организационная структура, правительственный запрет на экспорт ОЯТ, утверждение концепции геологического захоронения ОЯТ на раннем этапе; • достижение широкого политического консенсуса как на общенациональном, так и региональном уровнях по вопросу места размещения установки. Высокий уровень общественного доверия среди населения муниципалитета Эурайоки, а также соперничество нескольких муниципалитетов за право размещения установки; • создание условий для участия заинтересованных сторон и прозрачность процесса.
Уроки, усвоенные в ходе реализации поэтапного процесса принятия решений	<ul style="list-style-type: none"> • важно признать факт наличия проблемы, а также необходимости и возможности ее решения; • ключевой момент – доверие общественности к регулятору и организациям, осуществляющим практическую реализацию проекта; • муниципалитет и его жителей следует рассматривать в качестве главной заинтересованной стороны, а право вето – как неотъемлемый элемент всего процесса выбора площадки; • необходимо осознать, насколько велико расхождение в представлениях экспертов и обычных людей о рисках, обуславливаемых установкой. Необходимо разрешать все вопросы, вызывающие общественную обеспокоенность;
Уровень информирования населения	<ul style="list-style-type: none"> • согласно данным опроса, большинство местных жителей оценивают объем предоставленной им информации как достаточный, а некоторые – как избыточный; • часть респондентов заявила о том, что в предоставленной информации не были достаточно полно отражены альтернативные варианты обращения с РАО; • часть респондентов заявила, что в виду отсутствия достаточных ресурсов, представители оппозиции были не в состоянии нанять независимых экспертов.
Уроки, усвоенные в ходе осуществления мероприятий, направленных на привлечение заинтересованных сторон к процессу принятия решений	<ul style="list-style-type: none"> • заинтересованные стороны должны участвовать в процедуре ОВОС с самого ее начала; • интерес общественности к участию в процедуре ОВОС может поддерживаться только при условии, что местные жители верят в то, что они могут повлиять на принятие ключевых решений по проекту; • в дальнейшем необходимо поддерживать проведение диалога между местными жителями и стороной, реализующей проект.



Потенциальные меры по совершенствованию процедуры привлечения заинтересованных сторон	<ul style="list-style-type: none"> • следует упростить процедуру проведения ОВОС и привлечения общественности; • больше внимания уделять информированию общественности; • стремиться понять суть обеспокоенности местных жителей и принять соответствующие меры; • выделить дополнительные ресурсы менее авторитетным заинтересованным сторонам в целях предоставления равных шансов для участия в процессе.
Меры, сыгравшие наиболее значимую роль в повышении уровня общественного одобрения проекта	<ul style="list-style-type: none"> • справедливость и прозрачность – ключевые аспекты процесса принятия решений, способствующие укреплению доверия и росту уровня общественного одобрения проекта; • право вето, четко определенная стратегия государства и обязательность привлечения общественности к процессу принятия решений, закрепленные законодательно в рамках процедуры ОВОС; • поддержание диалога с различными заинтересованными сторонами проекта на всем протяжении его реализации.
Основные факторы, способствующие повышению эффективности процесса взаимодействия с общественностью	<ul style="list-style-type: none"> • открытость, честность, участие заинтересованных сторон с самого начала процесса выбора площадки и на всем протяжении реализации проекта; • поэтапный подход к принятию решений с проведением работы по информированию общественности; • необходимость поддержания диалога с общественностью даже после утверждения площадки; • уроки, извлеченные в ходе реализации проекта захоронения ОЯТ в Финляндии, могут быть лишь частично использованы другими странами для совершенствования собственных программ захоронения в части взаимодействия с общественностью.

Роль местных органов власти

Инициатором включения площадки в список кандидатов на строительство пункта глубинного захоронения в Финляндии является муниципальный совет, представляющий собой местный уровень власти.

В Финляндии практикуется так называемая процедура принятия Принципиального решения (Decision in Principle). В соответствии с финским законодательством, Правительство не может принять решение о строительстве пункта захоронения в конкретной местности до тех пор, пока не получит на то согласия муниципалитета и соответствующего подтверждения от регулятора, основывающегося на результатах предварительно проведенной им экспертизы безопасности концепции захоронения.

Общины-добровольцы учредили собственные муниципальные советы, наделенные правом вето. Именно эти Советы принимают решение о том, стоит ли поддержать идею строительства пункта захоронения в данной местности или нет. Совет Эурайоки принял такое решение после того, как компания Posiva (оператор-разработчик) передала заявление о принципиальном решении на рассмотрение Правительству [10].

Роль правительства

Последняя стадия процесса выбора площадки для пункта геологического захоронения предусматривает ратификацию принципиального решения Парламентом. Ратификация решения о создании пункта национального захоронения ОЯТ состоялась в 2001 году [10].

Роль оператора (разработчика)

Сначала TVO, а впоследствии Posiva, после учреждения компании в 1995 году, несла ответственность за формирование соответствующих оценок безопасности и выбор предпочтительного места размещения пункта геологического захоронения. Кроме того, Posiva отвечает за сооружение пункта захоронения и его эксплуатацию [10].

Выгоды для местного населения от реализации проекта

Компания Posiva предоставила муниципалитету Эурайоки ссуду на строительство нового медицинского центра для пожилых людей. Posiva также частично компенсировала затраты на реставрацию прежнего здания; остальные средства были предоставлены муниципальными властями и ЕС. Центральный офис компании переехал в Олкилуото, и теперь часть помещений отреставрированного здания отведена под офисы Posiva. Остальные помещения открыты для посещения и используются для нужд местного населения. Компания арендовала помещения сроком на 40 лет и в течение первых 20 лет погасит все арендные платежи, а за счет этих отчислений муниципалитет, в свою очередь, оплатит кредит, выданный Posiva.



Никаких прямых выплат в виде компенсаций и вознаграждений местным общинам не предусмотрено. Однако операторы ядерных установок платят муниципальный налог на имущество по самой высокой процентной ставке в размере 2,85%. При том, что обычно ставка составляет от 0,4 до 1,0 %. По предварительным расчетам в течение всего срока эксплуатации пункта геологического захоронения муниципалитету будет перечисляться около 35 000 евро в год (всего около 3,5 млн евро за сто лет), при этом средства могут расходоваться на любые нужды по усмотрению муниципалитета. Таким образом, поступление в муниципальный бюджет средств от уплаты налога на имущество рассматривается как наиболее очевидная выгода от реализации проекта. Кроме того, после сооружения пункта захоронения будет создано более 100 новых рабочих мест, связанных с его эксплуатацией и техническим обслуживанием, а также мониторингом площадки [10].

Табл. 10.3. Основные этапы реализации проекта по созданию пункта геологического захоронения ОЯТ в Финляндии

1983-1985 гг.	Скрининговые исследования на всей территории Финляндии
1986-1992 гг.	Предварительные исследования на площадках
1993-2000 гг.	Детализированные исследования площадок и оценка воздействия на окружающую среду в трех муниципалитетах: Кумо (Ромуваара), Аанекоски (Киветти) и Эурайоки (Олкилуото)
1997 г.	Открытые публичные слушания в муниципалитетах-кандидатах
1997-1999 гг.	Завершение разработки проекта ОВОС
2000 г.	Муниципальный совет Эурайоки принял решение о строительстве пункта захоронения на своей территории
Май 2001 г.	Парламент ратифицировал положительное принципиальное решение Правительства
2002-2012 гг.	Положительные результаты исследований на площадке Олкилуото, сооружение ONKALO
Декабрь 2012 г.	Posiva передала на рассмотрение Правительству заявку на получение лицензии на строительство пункта геологического захоронения
~ 2020 г.	Подача заявки на получение лицензии на эксплуатацию
~ 2022 г.	Начало размещения ОЯТ в установке
~2112 г.	Прекращение работ по захоронению
~2120 г.	Закрытие пункта захоронения

Финансирование и общие затраты на реализацию проекта

Согласно утвержденному проекту, на площадке пункта захоронения будет построено два объекта:

- Завод по инкапсуляции, где будет осуществляться прием ОТВС, их сушка и упаковка в канистры для окончательной изоляции;
- Пункт захоронения, размещенный во вмещающих породах из гранита на глубине 400 м.

Основы для расчета затрат

Расчет затрат на реализацию проекта основывается на том, что первый и второй блоки АЭС Ловииса будут эксплуатироваться в течение 50 лет, а блоки 1 и 2 АЭС Олкилуото, а также строящийся третий блок – в течение 60 лет. Предполагается, что за это время будет произведено около 5 500 тон ОЯТ (или 2 800 канистр с ОЯТ).

Распределение затрат

Общая стоимость захоронения составляет приблизительно 3 млрд евро, в том числе: 650 млн евро – капитальные затраты, 2,1 млрд евро затраты на эксплуатацию пункта захоронения до 2118 года, ВЭ и закрытие установки – 250 млн евро.

Финансирование окончательного захоронения

Финская программа по обращению с ядерными отходами была запущена в 1983 году вслед за вводом в эксплуатацию четырех действующих на сегодняшний день реакторных блоков. В соответствии с законом «О ядерной энергии» 1987 года, утвердившим вариант окончательной изоляции ОЯТ, был учрежден *Государственный фонд обращения с ядерными отходами*, управление которым было поручено Министерству торговли и промышленности. С тех пор атомно-энергетические компании несут финансовую ответственность за обращение с ядерными отходами и производят регулярные отчисления в указанный фонд. Министерство труда и экономики на еже-



годной основе определяет размер обязательств по обращению с РАО для каждой компании, а также сумму отчислений в фонд. Размер отчислений колеблется год от года, в том числе в зависимости от успешности инвестирования средств, накопленных фондом, в текущем году: если доход по процентам растет, то размер отчислений уменьшается. Так, инвестиционный доход вырос с 19 млн евро в 2013 году до 25,5 млн евро к концу 2014 года.

В 2013 году операторы финских АЭС внесли в фонд порядка 5,7 млн евро, а предприятия по обращению с РАО – около 1,7 млн евро. По состоянию на конец января 2014 года в фонде было накоплено более 2,1 млрд евро. По оценкам экспертов, этих средств должно хватить на покрытие всех затрат, связанных с обращением с накопленными к настоящему моменту объемами РАО, а также выводом из эксплуатации имеющихся реакторных блоков [19].

Литература к главе 10

1. World Nuclear Association, Storage and Disposal Options, Radioactive Waste Management Appendix 2 (*Updated August 2013*).
2. World Nuclear Association, National Policies Radioactive Waste Management - Appendix 3 (*updated April 2013*).
3. OECD/NEA, Radioactive Waste Management Programmes in OECD/NEA Member Countries, Finland Report, Organization for Economic Cooperation and Development/Nuclear Energy Agency 2014.
4. OECD/NEA, Radioactive Waste Management Programmes in OECD/NEA Member Countries, Finland, Profile, Organization for Economic Cooperation and Development/Nuclear Energy Agency 2014.
5. Progress in Siting Nuclear Waste Facilities, Fuel Cycle Research and Development, Prepared for U.S. Department of Energy Nuclear Fuels Storage and Transportation Planning Project, Laura L. Price, Rob P. Rechard, Sandia National Laboratories, September 2014.
6. Radioactive Waste Management Stakeholders Map in the European Union, Meritxell Martell & Gianluca Ferraro, European Commission Joint Research Centre Institute for Energy and Transport, Report May 2014.
7. Current Practice for Clearance in Nordic Countries, Karin Broden, Mette Ohlenschlerer, Esko Ruokola, Thora Johnsdotir, NKS, December 2000.
8. Guidance on Clearance from Regulatory Control, Safety Research Project KAN-1.1, 1994
9. 4th Finnish National Report as referred to in Article 32 of the Joint Convention on the Safety of Spent Fuel Management and on the Safety of Radioactive Waste Management, Final Report October 2011.
10. Geological Disposal, An Overview of the Generic Disposal System Safety Case, NDA, December 2010.
11. Periodic review: Posiva is preparing for testing disposal techniques and the construction of the facility, Media News, Posiva Oy, December 2013.
12. ONKALO ventilation is one step closer to being ready – inlet air shaft raise-bored, Media News, Posiva Oy, February 2014.
13. Drilling of vertical shafts for ONKALO complete, Media News, Posiva Oy, April 2014.
14. Posiva testing copper canister inspection technology at Olkiluoto, Media News, Posiva Oy.
15. Extensive design work pays off: the canister installation device is ready, Media News, Posiva Oy, June 2014.
16. The Construction of Underground Rock Characterisation Facility Started 10 Years Ago, Press Releases, Posiva Oy.
17. Finnish regulator approves Posiva's waste repository plan, World Nuclear News, February 2015.
18. Meeting public expectations: the central issue, EUROS SAFE TRIBUNE, Towards Convergence of Technical Nuclear Safety Practices in Europe, July 2014.
19. Finland's waste fund grows to € 2.4 billion, World Nuclear News, February 2015.





11. Франция

Стратегия обращения с ОЯТ

Переработка ОЯТ

Реестр РАО

Тип РАО	Текущие объемы накопления*, м ³	Прогнозируемые объемы накопления к 2020 году, м ³	Прогнозируемые объемы накопления к 2030 году, м ³
ВАО	2 700	4 000	5 300
ДЖ САО	40 000	45 000	49 000
КЖ НАО	87 000	89 000	133 000
КЖ НАО и САО	830 000	1 000 000	1 200 000
ОНАО	360 000	762 000	1 300 000
DSF**	3 600	-	-
Итого	1 323 300	1 900 000	2 687 300

Проект по созданию пункта захоронения

Тип захораниваемых отходов	долгоживущие САО и ВАО (CIGEO)
Тип вмещающих пород	глины
Глубина захоронения, м	500
Возможность повторного извлечения отходов	да
Запуск программы НИОКР	1987 г.
Начало работ по поиску площадки	
Текущий статус проекта	подготовка к подаче заявки на получение лицензии на строительство и эксплуатацию установки
Планируемая дата ввода в эксплуатацию	2025 г.
Плотность населения в стране (в районе размещения), чел/км ²	120 (31)
Право вето у местного населения	нет
Денежные выплаты муниципалитетам	да
Программа привлечения местного населения	разработана
Площадка расположена вблизи ядерных объектов	нет

Подземная исследовательская лаборатория

Название	Bure	Tournemire	Amelie	Fanay-Augeres
Тип ПИЛ	КН	ОН	ОН	ОН
Тип пород	глины	осадочные породы	соль	гранит
Глубина, м	500	250	-	-
Период эксплуатации	с 2004 г.	с 1990 г.	1986-1992 гг.	1980-1990 гг.

Организационные аспекты

Орган государственного управления в области обращения с ОЯТ и РАО	DGEC — Министерство экологии, энергетики и устойчивого развития в лице Главного управления по энергетике и климату (www.developpement-durable.gouv.fr)
Организация, ответственная за реализацию проекта по захоронению ОЯТ и РАО (разработка проекта, НИОКР, лицензирование, строительство, эксплуатация)	ANDRA — Национальное агентство по обращению с радиоактивными отходами (www.andra.fr)
Основные регулирующие органы	
Орган государственного регулирования безопасности в области атомной энергии	ASN — Управление ядерной безопасности (www.asn.fr)

* по состоянию на конец 2010 года

** déchets sans filière – РАО, для которых план по долгосрочному обращению находится на стадии разработки



Три четверти электроэнергии во Франции производится на 58 реакторных блоках 19 АЭС. В 2014 году французские АЭС выработали порядка 416 ТВт электроэнергии, что соответствует 77% от общего объема электроэнергии, произведенного за этот год (рис. 11.1) [1].

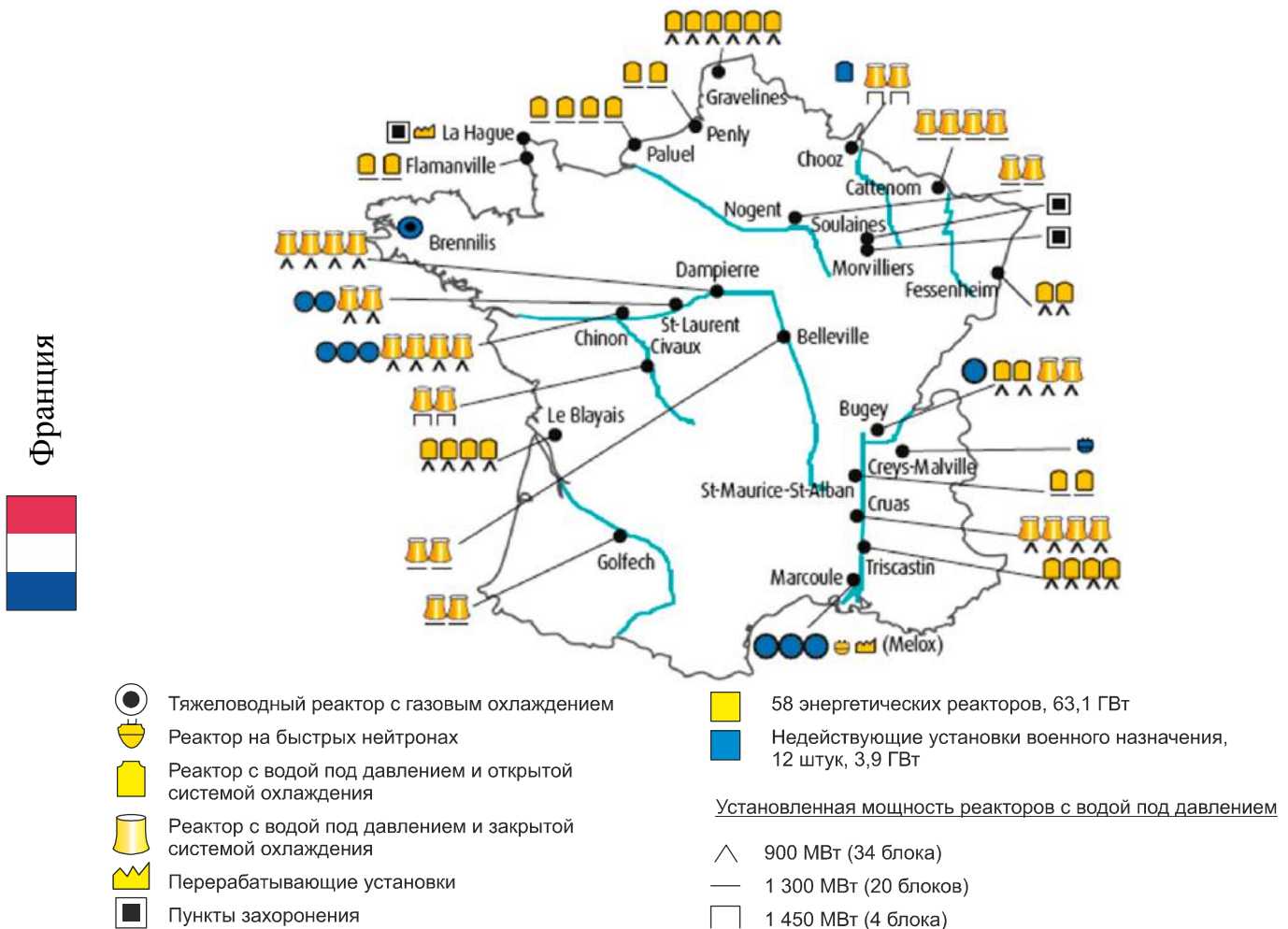


Рис. 11.1. Объекты атомной энергии во Франции

В ближайшее время Франция не планирует строительства большого количества новых реакторных блоков, так как средний возраст большинства действующих на сегодняшний день установок не превышает 27 лет при проектном сроке службы 40 лет. Кроме того, срок службы большинства блоков в дальнейшем планируется увеличить до 60 лет, а закрытие газодиффузионного завода по обогащению урана позволит значительно сократить потребность в электроэнергии. Именно по этой причине вопрос нового реакторного строительства для Франции может стать действительно актуальным лишь спустя несколько десятилетий [2].

Сейчас компания EDF занимается сооружением двух реакторных блоков третьего поколения*. В декабре 2007 года началось строительство блока АЭС Flamanville-3**, ввод в эксплуатацию которого намечен на 2016 год. Еще один реакторный блок третьего поколения строится в Финляндии на АЭС Олкилуото. Планируемый срок эксплуатации этих реакторов составляет 60 лет.

Изначально Правительство собиралось построить во Франции два реакторных блока третьего поколения, однако в 2012 году было решено отказаться от строительства запланированного третьего блока АЭС Пенли и взять курс на снижение доли производства электроэнергии на АЭС – с 74 % (по состоянию на 2012 год) до 50% к 2025 году [2].

Во Франции реализуется замкнутый топливный цикл, предполагающий переработку ОЯТ и возвращение урана и плутония в ЯТЦ. Изначально переработка ОЯТ производилась с целью получения плутония, шедшего на изготовление топлива для нового поколения реакторов на быстрых

* European pressurised water reactor

** Фламанфиль-3, PWR, мощность 1600МВт

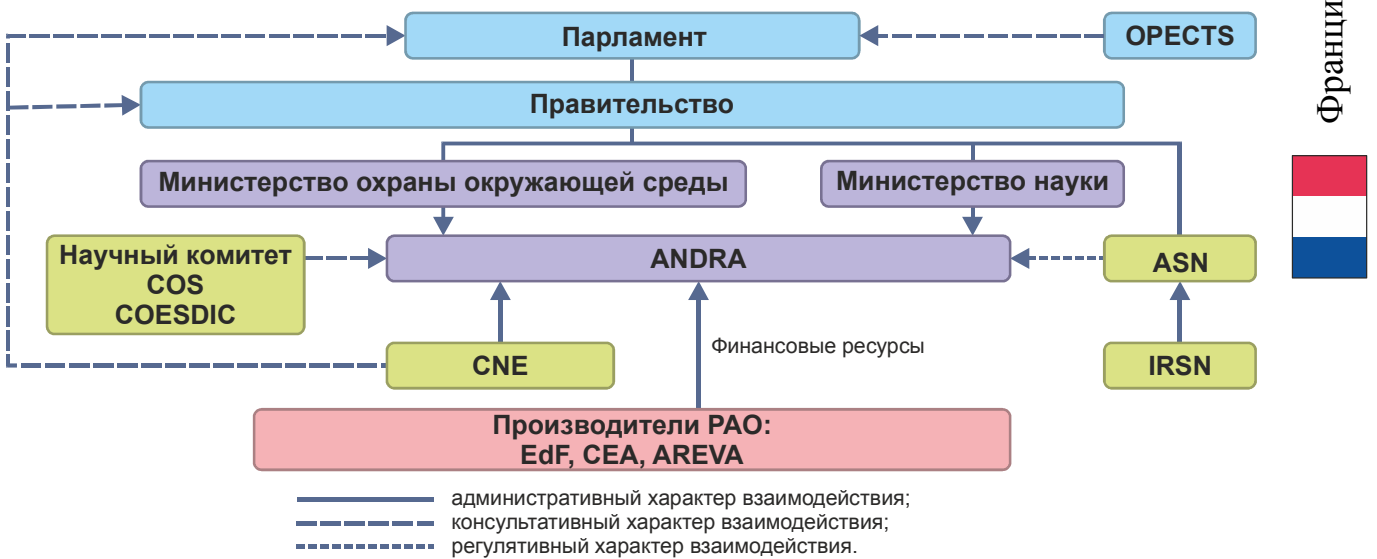


нейтронах. Однако в связи с задержками в реализации проектов быстрых реакторов плутоний стал использоваться для изготовления МОКС-топлива уже эксплуатируемых реакторов [3, 4].

Обращение с РАО во Франции осуществляется на основании закона «О ядерных материалах и программе по обращению с РАО» от 2006 года. В соответствии с этим законом, сооружение пунктов глубинного захоронения с возможностью повторного извлечения отходов в течение не менее 100 лет после их захоронения было признано наиболее предпочтительным вариантом обращения с ВАО и долгоживущими РАО. Кроме того, закон предусматривает каждые три года производить пересмотр Национального плана по обращению с радиоактивными материалами и РАО [5, 6].

11.1. Ответственные ведомства

На рис. 11.2 представлена организационная структура, описывающая взаимоотношения между различными ведомствами и учреждениями, участвующими в деятельности по обращению с РАО во Франции, в том числе в процессе выбора площадки для строительства национального пункта захоронения ВАО и долгоживущих САО [7, 8]:



Франция

Рис. 11.2. Основные участники процесса обращения с РАО во Франции

1. Парламент Франции определяет национальную политику государства в области обращения с РАО.

2. ANDRA – это государственный орган исполнительной власти, непосредственно подчиняющийся Министерству экологии, энергетики и устойчивого развития (MEEDDM), а также Министерству науки. На ANDRA возложена ответственность за долгосрочное обращение с радиоактивными отходами: организация выступает в качестве оператора пунктов захоронения, а также ответственна за проектирование новых установок, поиск площадок для их сооружения и проведение строительных работ. Всего можно выделить три основных миссии агентства:

- проведение НИОКР, направленных на разработку решений, гарантирующих обеспечение долгосрочной безопасности РАО;
- участие в производственной деятельности, в том числе определение критериев приемлемости, а также выполнение работ, связанных с осуществлением контроля, выбором площадки, проведением строительных работ, эксплуатацией и закрытием установки, а также проведением мониторинга;
- предоставление ASN отчетности по национальному реестру радиоактивных материалов и отходов, а также проведение диалога с заинтересованными сторонами как на национальном, так и на региональном уровнях.

Деятельность ANDRA в области НИОКР контролируется и оценивается целым рядом государственных организаций: CNE, ASN и Научным комитетом. Национальный экспертный совет CNE (Comission National d'Evolution) – это особый комитет, учрежденный Парламентом, задача которого состоит в проведении экспертиз различных программ, осуществляемых в области обращения с ВАО и долгоживущими САО и НАО. CNE производит экспертизу всех программ НИОКР в области обращения с РАО и ежегодно направляет отчет о проведенных экспертизах на рассмот-



рение Правительству, которое в свою очередь передает его на рассмотрение Парламенту. Содержание отчета оценивается Парламентским комитетом по науке и технике (OPECTS), а затем публикуется в открытом доступе. ANDRA также учредила два консультационных совета: COS, состоящий из экспертов в области геологии, занимающихся анализом экспериментальных программ, реализуемых в ПИЛ Бюр, и COESDIC, состоящий из специалистов в области социологии и связей с общественностью, задача которых состоит в предоставлении рекомендаций по проведению информационных кампаний и общественных консультаций в рамках проекта по геологическому захоронению РАО, а также по поиску площадки для строительства объекта окончательной изоляции долгоживущих НАО.

3. ASN осуществляет государственное регулирование в области обеспечения ядерной и радиационной безопасности, а также отвечает за информирование населения по вопросам, связанным с ядерной безопасностью.

4. IRSN – это государственная организация, оказывающая техническую поддержку регулятору и ответственная за экспертную оценку ядерных и радиационных рисков.

5. НСТИСН (Верховный комитет по прозрачности и информации в сфере ядерной безопасности) – это независимый орган, миссия которого заключается в информировании общественности и проведении общественных обсуждений вопросов, связанных с воздействием ядерных установок на здоровье человека и окружающую среду. НСТИСН уполномочен предоставлять свои заключения по любому вопросу, касающемуся атомной энергетики, а также давать рекомендации относительно обеспечения большей открытости процесса принятия решений в области использования атомной энергии и повышения его прозрачности.

6. CNDP (Комиссия по проведению национальных общественных слушаний) – это независимый орган, ответственный за организацию общественных слушаний по всем общенациональным проектам капитального строительства, реализация которых связана со значительными потенциальными социально-экономическими и экологическими рисками. В 2005–2006 гг. CNDP организовала общественные слушания по рассмотрению основных стратегий обращения с высокоактивными РАО и долгоживущими САО. В 2006 году Парламент одобрил стратегию обратимого геологического захоронения РАО как наиболее предпочтительный способ долгосрочного обращения с ВАО и долгоживущими САО. После чего в 2013 году CNDP были проведены новые слушания по проекту CIGEO (проект по созданию пункта централизованного глубинного захоронения ВАО и долгоживущих САО).

11.2. Классификация и реестр накопленных РАО

Французская система классификации предусматривает разделение всех РАО на пять категорий: очень низкоактивные, короткоживущие низкоактивные и среднеактивные отходы, долгоживущие низкоактивные отходы, долгоживущие среднеактивные отходы и высокоактивные отходы, и основывается на двух главных критериях [1]:

- уровне удельной активности РАО (Бк/г);
- периоде полураспада радионуклидов, входящих в состав РАО. Для простоты РАО, содержащие в основном короткоживущие радионуклиды, т.е. с периодом полураспада менее 31 года, относят к категории короткоживущих отходов, а РАО, содержащие значительные количества долгоживущих радионуклидов (с периодом полураспада более 31 года) относят к долгоживущим отходам. В сводной таблице в начале раздела представлен реестр РАО, накопленных к 2010 году, а также прогнозируемые объемы накопления РАО к 2020 и 2030 годам [1]. Согласно положениям национального плана по обращению с радиоактивными отходами, для каждого типа РАО предусмотрен свой способ окончательной изоляции (табл. 11.1).

Табл. 11.1. Обращение с различными категориями РАО во Франции

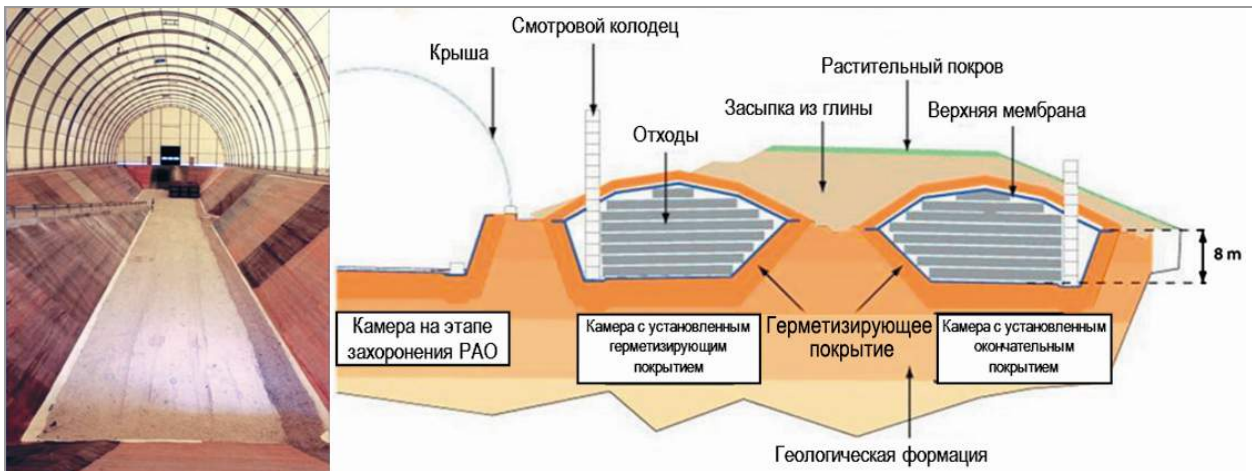
Активность \ $T_{1/2}$	ДЖ ($T_{1/2} > 31$ года)	КЖ ($T_{1/2} < 31$ года)	Очень КЖ ($T_{1/2} < 100$ дней)
ОНАО (1-100 Бк/г)	Пункт захоронения Морвилье		Хранение на площадке с целью радиоактивного распада короткоживущих радионуклидов с последующим захоронением таких отходов на полигонах
НАО (100 Бк/г-100 кБк/г)	Проект пункта захоронения радий- и графитсодержащих отходов (окончание разработки ~ 2020 год)	Пункты захоронения Об и Манш	
САО (100 кБк/г-10 МБк/г)			
ВАО (1 млрд Бк/г)	Пункт глубинного захоронения CIGEO		



11.3. Обращение с РАО

Обращение с ОНАО

Темпы образования ОНАО во Франции оцениваются на уровне 15-40 тыс м³/год, т.е. в среднем около 25 тыс т/год, при этом удельная активность таких отходов в основном не превышает 10 Бк/г. Захоронение ОНАО производится в пункте поверхностного захоронения Морвилье, расположенном в департаменте Об, неподалеку от закрытого пункта захоронения короткоживущих НАО и САО. Установки для захоронения занимают приблизительно две трети территории общей площадью 45 га, которую можно разделить на четыре отдельные зоны: зона захоронения, зона хранения земли, бассейн для сбора поверхностных вод и промышленная зона, где расположены сооружения для хранения и здание с установками для кондиционирования отходов. На рис. 11.3 показана схема стандартной подземной облицованной траншеи для захоронения, закрываемой при выполнении операций по захоронению РАО съемной конструкцией, защищающей отходы от атмосферных осадков.



Франция



Рис. 11. 3. Схема захоронения ОНАО в пункте захоронения Морвилье

Первая партия отходов поступила в Морвилье еще в 2003 году. В целом установка способна вместить около 650 000 м³ РАО и, исходя из текущих темпов захоронения отходов, будет полностью заполнена лишь к 2033 году. В 2012 году в Морвилье было размещено 33 040 упаковок отходов, содержащих в общей сложности 24 014 м³ ОНАО, а с начала эксплуатации в 2003 году и до конца 2013 года установка приняла на захоронение порядка 252 000 м³ РАО (рис. 11.4). При этом степень заполнения пункта захоронения составила 39% [1].

Следует отметить, что около 70% всех отходов, поступающих на захоронение в Морвилье (например, некомпактируемый каменный лом, металлолом и т.п.) после выдержки в хранилище захоранивается без предварительной обработки. Остальные 30% отходов предварительно направляют на установки прессования и отверждения.

Обращение с долгоживущими НАО

На данный момент во Франции продолжают исследования по выработке концепции окончательной изоляции долгоживущих НАО, в частности РАО, содержащих радий (70 000 м³), графит (100 000 м³), а также отработавших ЗРИ (30 000 м³) и битумизированных долгоживущих НАО (40 000 м³). Разрабатываемая концепция захоронения данного типа РАО предполагает их окончательную изоляцию в приповерхностных установках, размещенных в глиняных формациях на глубине от 15 м в случае выхода на поверхность пластов глины (для РАО, содержащих радий) и до 200 м в случае залегания глиняных формаций на большей глубине (графитсодержащие отходы) (рис. 11.5) [7].

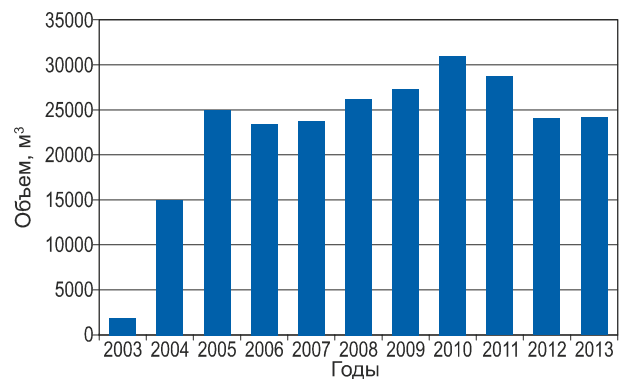


Рис. 11.4. Темпы захоронения ОНАО в пункте захоронения Морвилье (м³)



В 2008 году разработчики проекта запустили кампанию по поиску муниципалитетов-добровольцев в 300 географических областях страны, где геологические характеристики пород были признаны потенциально пригодными для строительства подобного пункта захоронения. К концу октября 2008 года интерес к участию в проекте выразили 40 муниципалитетов. В соответствии с требованиями Закона о планировании, к концу 2008 года ANDRA передала на рассмотрение Министерству экологии отчет по оценке потенциальной пригодности площадок для строительства пункта захоронения. В ходе последующего анализа две площадки были исключены из дальнейшего рассмотрения. В 2013 году началось проведение предварительных геологических изысканий на площадках. В середине 2015 года Андра направила на рассмотрение министерства отчет о разработанных технических решениях, предусмотренных в рамках проекта по окончательной изоляции радий- и графитсодержащих отходов. Что касается исследований общественного мнения, то в этом отношении наибольший интерес к реализации проекта проявляют жители департамента Об, где расположены два пункта захоронения [1].

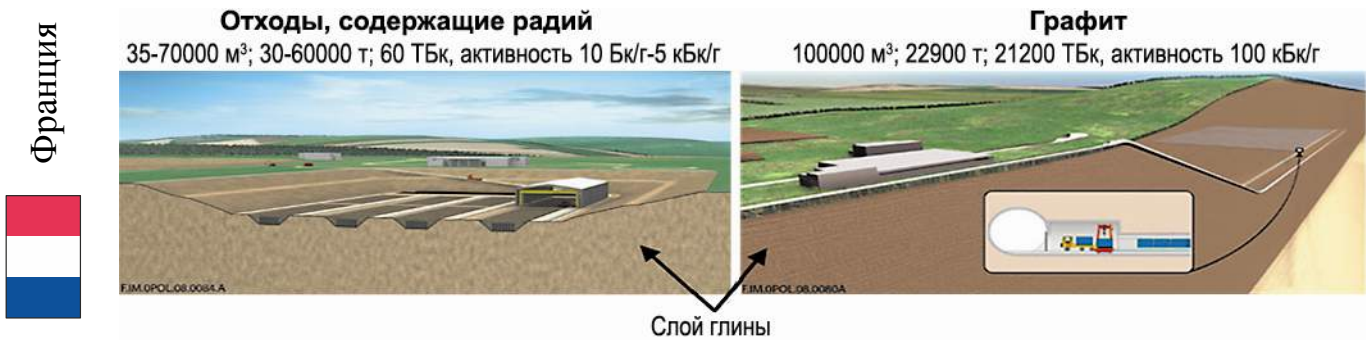


Рис. 11. 5. Две концепции захоронения ДЖ НАО, находящиеся на стадии разработки

В ожидании прогресса с сооружением пункта централизованного захоронения РАО на площадке Морвилье строится пункт хранения, рассчитанный на прием 150 000 м³ долгоживущих НАО, в нем в том числе планируется разместить 40 615 м³ облученных графитовых стержней, которые на данный момент находятся в хранилищах на площадке Ла Аг. Ввод в эксплуатацию объекта состоится не ранее 2019 года.

Обращение с долгоживущими САО

Долгоживущие САО до ввода в эксплуатацию пункта централизованного захоронения хранятся на площадках, где были произведены [1].

Обращение с короткоживущими НАО и САО

На данный момент Франция обладает более чем сорокалетним опытом эксплуатации приповерхностных пунктов захоронения короткоживущих НАО и САО. Действующая сегодня установка в Об стала вторым по счету проектом приповерхностного захоронения РАО, реализованным во Франции. До 1969 года короткоживущие НАО и САО хранились в местах своего образования. Позднее и до 1992 года их захоранивали в приповерхностном пункте окончательной изоляции Манш, а уроки, извлеченные в ходе его эксплуатации и закрытия, были учтены при разработке проекта пункта захоронения в Об.

История создания и эксплуатации пункта захоронения Манш

Становление системы обращения с радиоактивными отходами во Франции началось еще в начале 1960-х гг., а решение о строительстве первого пункта захоронения НАО и САО вблизи перерабатывающего завода Ла Аг было принято в 1968 году. В июне 1969 года вышел правительственный указ, санкционировавший проведение работ по созданию объекта. Всего в период 1969-1994 гг. в Манш было захоронено более 525 000 м³ низко- и среднеактивных отходов (табл. 11.2).

Первая очередь пункта захоронения, сооруженная в 1969 году компанией Инфроратом, тогдашним оператором площадки, представляла собой неукрепленные траншеи (рис. 11.6). На тот момент подобная технология захоронения широко применялась в США, Великобритании и СССР.

Очень низкоактивные отходы захоранивали в бочках из стали. РАО, обладающие большей активностью, кондиционировали с получением монолитов из бетона или иммобилизовали в стальных



бочках. После выгрузки упаковок с отходами скопившаяся в траншеях вода откачивалась, сверху укладывался настил из пластика, а затем производилась засыпка траншей землей.

Уже через несколько месяцев из-за сложных метеорологических условий и проблем со стабильностью грунта в технологию захоронения были внесены некоторые изменения:

- траншеи, расположенные ниже уровня поверхности земли, предназначенные для захоронения САО, стали разделять на небольшие отсеки объемом 15 м^3 или 30 м^3 с разделительными перегородками из бетонных панелей. Пустоты между упаковками заливались цементным раствором;
- захоронение НАО производилось выше уровня поверхности земли. Упаковки с РАО (бетонные контейнеры или стальные бочки) в несколько ярусов размещали на осушенных участках площадью от 2 000 до 3 000 м^2 , образуя пирамиды высотой 4 м.

Такая практика захоронения широко использовались в Манш в 1970-е гг. Однако после того как в 1976 году вблизи реки Сэн-Элен были зафиксированы повышенные уровни радиоактивности, обусловленные тритием, стало очевидно, что критерии приемлемости отходов для захоронения следует пересмотреть. Кроме того, следовало усовершенствовать технологии кондиционирования, усилить меры контроля над упаковками с отходами и выполнением программы мониторинга, модернизировать существующую дренажную систему, обеспечив разделение поверхностного стока и воды, поступающей в установку в результате фильтрации.

В 1979 году во Франции было учреждено Национальное агентство по обращению с радиоактивными отходами (Andra), ставшее новым оператором площадки Манш.

Оптимизация концепции захоронения была произведена в 1980-е годы. Обновленная концепция основывалась на использовании двух конструктивных элементов – «монолит» и «курган» (рис. 11.7):

- монолиты располагались ниже уровня поверхности земли и были сформированы стенами из армированного бетона, плитами фундамента и бетонной крышей. Эти сооружения предназначались для захоронения среднеактивных отходов, а также низкоактивных отходов, упаковка которых не обеспечивала надлежащего уровня удержания радионуклидов. Зачастую на периферии таких конструкций стены формировали не из панелей, а из бетонных контейнеров, устанавливаемых в несколько ярусов. Пустоты между упаковками с отходами заливались раствором цемента или бетона. Полезный объем каждого отсека монолита варьировался от 50 до 80 м^3 ;
- конструкции курганного типа возводились выше уровня поверхности земли, а монолиты служили для них основанием. Курганы состояли из бетонных контейнеров, расположенных по периферии, и металлических бочек с РАО размещенных в центре конструкции. Здесь захоранивали ОНАО, а также дру-

Табл. 11.2. Основные характеристики установки для захоронения Манш

Общие сведения	
Начало операций по захоронению отходов	1969 год
Последняя поставка отходов на площадку	июнь 1994 года
Общая площадь	14 га
Площадь пункта захоронения	10 га
Суммарный объем захороненных РАО	525,000 м^3
Максимальный объем захоронения отходов	35,000 м^3 (в 1988 году)
Суммарная активность основных радионуклидов (в Тбк)	
^{60}Co	14 740
^{137}Cs	11 260
^{241}Pu	9 020
^{90}Sr	2 990
^{63}Ni	1 900
^3H	900
Воздействие на окружающую среду Активность в р. Сэн-Элен	
Тритий	< 1000 Бк/л
Альфа-излучатели	~ 0.1 Бк/л
Бета-излучатели	~ 1 Бк/л
Ежегодный объем поверхностного стока	
	100 000 – 160 000 м^3
Ежегодный объем воды, просачивающийся в установку (улавливаемый системой раздельного водосбора)	
До установки покрытия	20 000–40 000 м^3
После установки многослойного покрытия	< 1 000 м^3

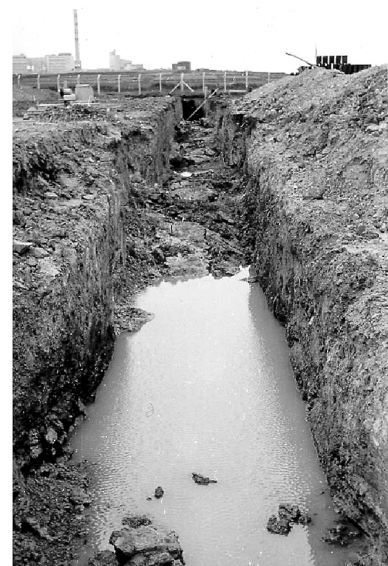


Рис. 11.6. Неукрепленная траншея пункта захоронения Манш



гие отходы, упакованные и кондиционированные таким образом, чтобы обеспечить надлежащий уровень удержания радионуклидов. Пустоты между упаковками засыпались гравием, благодаря чему поддерживалась стабильность всей конструкции.



Рис. 11.7. Оптимизированная концепция захоронения в пункте захоронения Мани (курган и монолит)

Все отсеки захоронения были оснащены дренажной системой. Для сбора воды, просачивающейся в установку, использовалась отдельная гравитационная система водосбора, из которой загрязненная вода отводилась в контрольные емкости. Мониторинг состава и активности собранной в эти резервуары воды проводился на регулярной основе. Очистка загрязненной воды осуществлялась на специальной установке, расположенной неподалеку от завода COGEMA.

Несмотря на то, что Манш принимал на захоронение отходы вплоть до 1994 г., работы по его закрытию стартовали еще в 1991 г., когда по всей площади пункта захоронения было установлено временное покрытие из почвогрунта. Затем в два этапа было установлено постоянное покрытие, состоящее из нескольких слоев различных материалов (рис. 11.8). Один из слоев покрытия является также и одним из двух элементов пункта захоронения, важных для обеспечения долгосрочной безопасности захоронения – это геомембрана из битума.



Рис. 11.8. Многослойное покрытие пункта захоронения Мани

После закрытия пункта захоронения оператор столкнулся со следующими проблемами:

1. Медленное проседание покрытия и его соскальзывание по отвесным склонам (отношение вертикали к горизонтали – 1 к 2,3). Для устранения этого недостатка проводится ряд мероприятий, основная задача которых – укрепить и сгладить угол наклона склонов пункта захоронения:

- в краткосрочной перспективе: укрепление нестабильных склонов; установка бетонной стены, предотвращающей дальнейшее соскальзывание покрытия, и дополнительного водонепроницаемого слоя из глины, что позволит добиться сглаживания склонов пункта захоронения до отношения горизонтали к вертикали три к одному;
- впоследствии земля ниже склонов пункта захоронения также перейдет в собственность Андры, и покрытие будет продлено за пределы самого пункта захоронения.

2. В период 1969-1973 гг. в Манш были захоронены упаковки с высокоактивными отходами, из-за чего через 300 лет площадка не может быть выведена из-под регулирующего контроля. По-





этому в настоящее время особое внимание уделяется сохранению информации о пункте захоронения в течение как можно более продолжительного времени. Три экземпляра подробной технической документации о пункте захоронения, включающие свыше 1 000 различных документов, отпечатанных на долговечной бумаге, размещены в разных областях пункта захоронения. Кроме того, был составлен 150-страничный документ, содержащий общее описание пункта захоронения. Этот документ был также напечатан на долговечной бумаге большим тиражом.

История создания и эксплуатации пункта захоронения Об

Пункт захоронения Об расположен на территории общей площадью 95 га в 40 км от ближайшего населенного пункта Трое и в 200 км от Парижа. Автомобильная дорога протяженностью 4 км соединяет площадку с автомагистралью национального значения. Отходы доставляют на захоронение по железной дороге до терминала Бриенн-ле-Шато, расположенного в 15 км от самой площадки.

Из 95 га, отведенных под строительство центра захоронения, непосредственно сама зона захоронения занимает около 30 га, на которых до окончания срока эксплуатации объекта будет сооружено в общей сложности 420 камер захоронения общей вместимостью 1 000 000 м³. По состоянию на 31 декабря 2013 года в Об захоронено порядка 280 000 м³ РАО, 123 камеры были закрыты. В последнее время в Об ежегодно захоранивается порядка 15 000 м³ РАО. При проектировании ежегодный объем захоронения был определен на уровне 30 000 м³, поэтому срок эксплуатации установки может превысить изначально заложенные в проект 50 лет. В табл. 11.3 представлены основные характеристики площадки и установки.

Вся территория центра Об поделена на две зоны: контролируруемую и неконтролируемую (рис. 11.9). В первой расположены следующие установки и сооружения: модули пункта захоронения; здание, где производятся операции по кондиционированию отходов, включая установки суперкомпактирования и цементирования; здание для временного хранения упаковок с отходами; ремонтный цех; резервуары для сбора дренажных вод и контрольные емкости, соединенные сетью трубопроводов; метеорологическая станция; административные корпуса. В неконтролируемой зоне (за пределами физической защиты) расположен Центр работы с общественностью, который ежегодно посещает более 7 000 человек.

История создания

Работы по характеризации потенциальных площадок для сооружения приповерхностного пункта захоронения проводились с 1984 по 1985 год в трех административных департаментах: Об, Индр и Вьенн, а также вблизи городка Шоле в департаментах Мэн и Луар.

Табл. 11.3. Основные сведения о Центре захоронения Об

Общие сведения			
Начало эксплуатации	Январь 1992 года		
Срок эксплуатации (согласно оценкам)	> 50 лет		
Общая вместимость (согласно условиям лицензии)	1 000 000 м ³		
Среднегодовые объемы поступления РАО:			
Согласно проекту	30 000 м ³		
Максимальный	21 900 м ³ (в 1996 г.)		
Средний	15 000 - 20 000 м ³		
Общая площадь	95 га		
Площадь установки для захоронения	~ 30 га		
Суммарная активность основных радионуклидов на момент закрытия ПЗ (ТБк)			
Бета-/гамма-излучатели	⁶⁰ Co	400 000	
	¹³⁷ Cs	200 000	
	⁹⁰ Sr	40 000	
	⁶³ Ni	40 000	
	²⁴¹ Pu	12 000	
	³ H	4 000	
Альфа-излучатели	750		
Воздействие на окружающую среду			
Наблюдаемая активность в реке Noues d'Amances			
	Ед. изм.	Доп. предел	Набл. знач.
Тритий	Бк/л	270 000	< 8
Альфа-излучатели	Бк/л	18	< 0,20
Бета-излучатели	Бк/л	91	< 0,20

Франция



Рис. 11.9. Вид сверху на пункт захоронения Об



Наибольший объем работ по определению как геологических, так и гидрогеологических условий был произведен на площадке, расположенной вблизи города Сулэн в департаменте Об – здесь было выполнено бурение более 500 глубинных скважин для отбора керна. В итоге именно эта площадка была выбрана для строительства установки (табл. 11.4). Участок располагался на невысоком холме, сложенном песчаной глиной. Ниже залегала глиняная формация, с одной стороны граничащая с небольшой рекой. Результаты проведенных исследований показали, что площадка вблизи Сулена обладала полным набором свойств, гарантирующих, по мнению специалистов ANDRA, надежную изоляцию отходов, в особенности с точки зрения гидрологии.

Табл. 11.4. Этапы реализации проекта захоронения в Об

Октябрь 1984 г. - июнь 1985 г.	Скрининговые и полевые исследования
Июль 1985 г. - июль 1986 г.	Характеризация площадки в Об и ее утверждение
Февраль 1987 г.	Положительное решение регулирующего органа по предварительному ООБ
Июль 1987 г.	После проведения общественных слушаний Правительство подписывает Декларацию о признании общественной полезности проекта, тем самым инициировав процедуру приобретения Andra земельных участков под строительство установки
Август 1987 г.	Министерство сельского хозяйства выдает разрешение на расчистку участка площадью 96 га
Октябрь 1988 г.	Получение разрешения на строительство установки
Январь 1989 г.	Получение разрешения на строительство железнодорожного терминала на расстоянии 15 км от площадки
Сентябрь 1989 г.	Выдача разрешения на создание Базовой ядерной установки*
Июль 1991 г.	Положительное решение регулирующего органа по промежуточному ООБ
Октябрь 1991 г.	Министерство промышленности и Министерство охраны окружающей среды одобряют выдачу разрешения на эксплуатацию установки
24 декабря 1991 г.	Выдача разрешения на эксплуатацию установки
13 января 1992 г.	Первая упаковка с РАО поступает на захоронение в Об

Франция



Критерии выбора площадки

С позиций обеспечения безопасности в случае приповерхностного захоронения РАО функции, выполняемые площадкой, по сути, являются вторичными. Характеристики площадки выступают лишь в качестве дополнительной гарантии надежной изоляции отходов и уменьшения вероятности их контакта с водой, так как именно перенос радиоактивных веществ с водой рассматривается в качестве наиболее очевидного механизма распространения радиоактивности в течение всего периода осуществления ведомственного контроля на площадке. Кроме того, в соответствии с требованиями законодательства анализ последствий поступления радиоактивных веществ в почву необходимо выполнить даже в том случае, если были приняты все возможные меры для его предотвращения. В этом случае характеристики площадки должны смягчить негативные последствия, вызванные отказом одного из барьеров безопасности, обеспечивающих изоляцию отходов, т.е. они должны обеспечить «контролируемый» выход радиоактивных веществ в почву. На основании этого требования были установлены следующие критерии для выбора площадки:

- Вероятность возникновения неблагоприятных природных явлений минимальна, т.е. площадка должна быть расположена в регионе с преимущественно устойчивыми условиями среды, например, находиться вне потенциальной зоны возникновения оползней, приливных волн, наводнений и других неблагоприятных природных явлений (рис. 11.10).

*В соответствии с указом No.2007-1557 от 2 ноября 2007 года к данной категории установок относятся:

- атомные реактора или установки, в которых самоподдерживающаяся цепная реакция инициируется и контролируется;
- предприятия, на которых производятся операции по подготовке, обогащению, производству, обработке или хранению ядерного топлива, либо осуществляется обработка, хранение или размещение радиоактивных отходов, а характеристики таких предприятий соответствуют приведенным в Указе № 2007-830 от 11 мая 2007 года;
- установки, содержащие радиоактивные или делящиеся вещества и удовлетворяющие характеристикам, приведенным Указе № 2007-830 от 11 мая 2007 года;
- ускорители частиц, удовлетворяющие характеристикам, приведенным Указе № 2007-830 от 11 мая 2007 года.

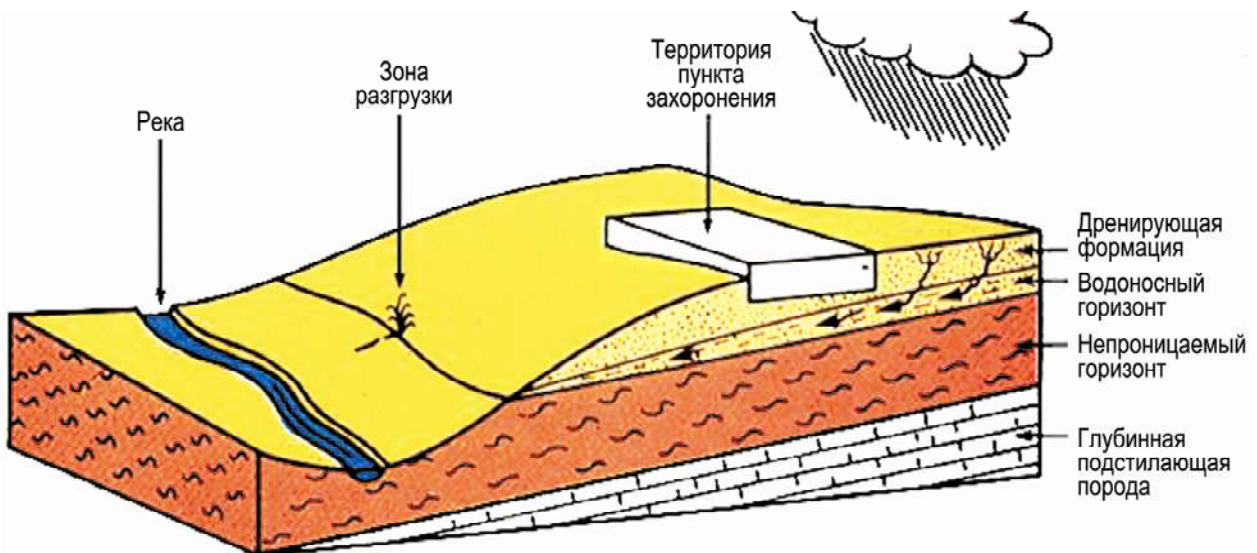


Рис. 11.10. Требуемые характеристики площадки

- **Геология.** Согласно установленным критериям, с геологической точки зрения площадка должна представлять собой обнажение осадочных пород на плоском рельефе местности, где можно найти подходящий участок, находящийся в верхней точке рассматриваемой площадки, сверху сложенный дренирующим слоем пород, а снизу – мощным слоем малопроницаемых пород. Таким образом, при размещении модулей пункта захоронения в дренирующем слое подстилающий малопроницаемый слой гарантировал бы защиту глубоко залегающих подземных вод от контакта с водой, фильтрующейся сквозь установку.
- **Гидрология.** Руслу рек, дренирующих рассматриваемую территорию, должны располагаться настолько это возможно ниже уровня соприкосновения дренирующего и малопроницаемого слоев. Основной уклон малопроницаемого слоя должен быть ориентирован в направлении реки, в которую отводится вода с рассматриваемой территории. Гидрогеологические условия на площадке должны быть достаточно простыми и обладать благоприятными характеристиками. Зоны разгрузки всего объема воды, проникающей в систему захоронения, должны располагаться на насколько это возможно близком расстоянии от самой площадки. Иными словами, необходимо установить локализацию всех точек разгрузки, которые, в свою очередь, должны располагаться на небольшом удалении от самой площадки. При этом обеспечивается контроль радиационной обстановки на площадке и имеется возможность выявлять превышение уровня радиоактивности.
- **Геохимия.** Площадку для строительства пункта захоронения нужно выбирать таким образом, чтобы в состав подстилающих формаций входили вещества, обладающие высокой сорбционной емкостью по отношению к радионуклидам, содержащимся в захораниваемых РАО (глина).

Концепция захоронения

Пункт захоронения Об состоит из бетонных модулей размером 20 м × 20 м и высотой стен около 8 метров (рис. 11.11). Упаковки с отходами, помещенные в контейнеры из бетона (РАО, содержащие долгоживущие радионуклиды), устанавливаются в несколько ярусов внутри отсеков модулей захоронения, а пространство между контейнерами засыпается гравием. В случае захоронения РАО в металлических канистрах (отходы, содержащие короткоживущие радионуклиды) перед установкой каждого последующего яруса поверх уже размещенных канистр заливается слой цемента (рис. 11.12). После завершения всех операций по захоронению отходов каждый отсек сверху закрывается бетонной плитой, затем бетонная крыша и стены отсека обрабатываются раствором полиуретана, позволяющим предотвратить просачивание воды в установку. После того как все модули пункта захоронения будут заполнены, начнется установка постоянного многослойного грунтового покрытия, состоящего из:

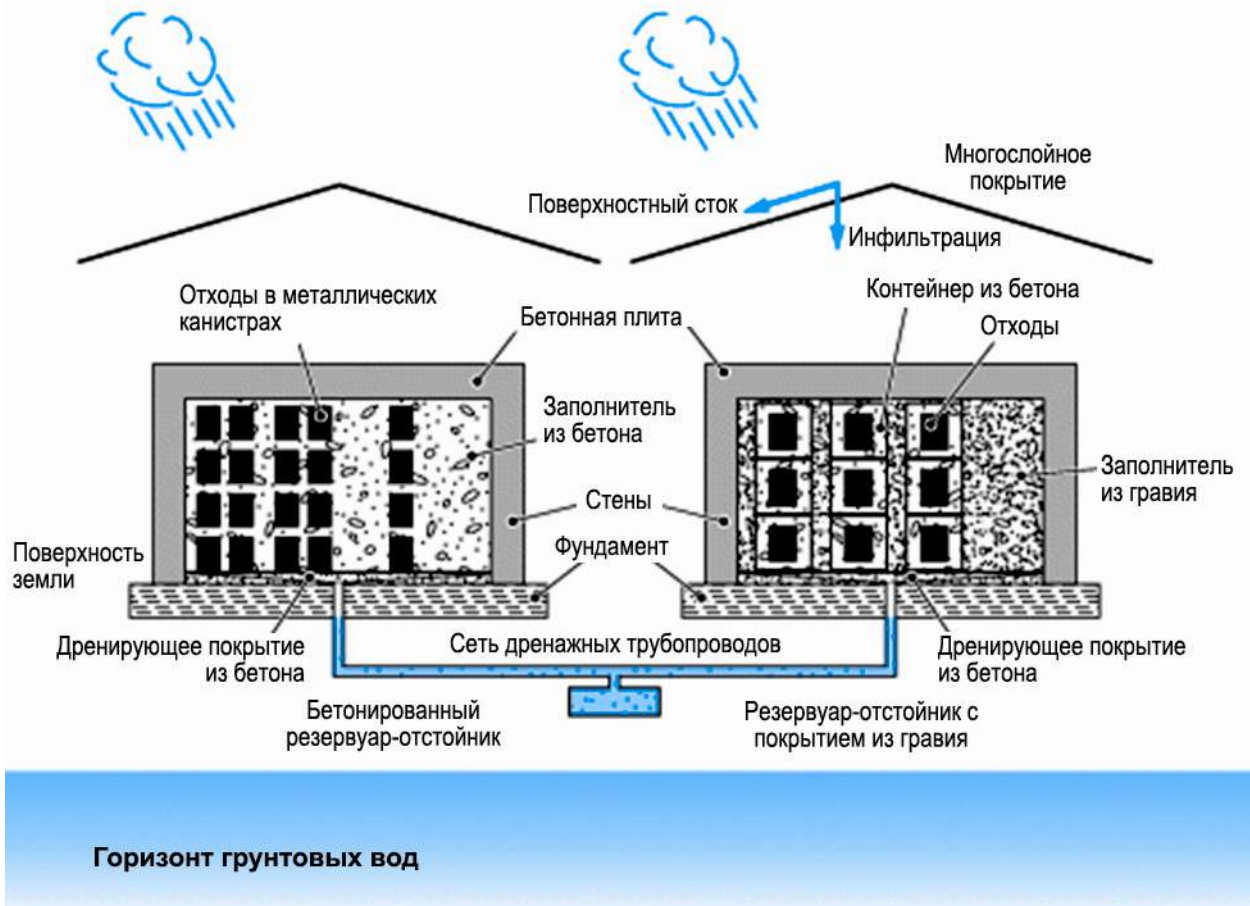


Рис. 11.11. Принципиальная схема захоронения отходов в Об

- плодородного слоя почвы с растительным покровом, обладающим неглубокой корневой системой, который позволит снизить вероятность высыхания и растрескивания лежащих ниже малопроницаемых слоев грунта, избежать эрозии, а также обеспечит отвод поверхностного стока в систему сбора атмосферных осадков;
- чередующихся малопроницаемых и дренирующих слоев грунта, обеспечивающих гравитационное дренирование просачивающейся воды и ее отвод в систему сбора атмосферных осадков.

Все манипуляции с отходами производятся под мобильными металлическими конструкциями (крышами) высотой 16 м. Каждая такая крыша одновременно закрывает участок в полторы длины отсека модуля захоронения. Таким образом, одна конструкция одновременно обеспечивает защиту отсека, в котором производятся операции по захоронению отходов, и половины соседнего отсека, в котором осуществляются операции по доставке и выгрузке контейнеров и канистр с РАО.

Кран, используемый для установки упаковок с отходами в отсеки захоронения, перемещается вдоль рельс, встроенных в мобильную крышу (рис. 11.12). Большая часть операций по установке упаковок автоматизирована. Перед началом работ данные идентификационных кодов, нанесенных на каждую упаковку с отходами, и сведения о каждой упаковке вводятся в базу данных Andra. Упаковки распределяют по категориям в зависимости от формы отходов и способа захоронения данной формы отходов. После доставки упаковки к отсеку захоронения, оператор закрепляет упаковку в роботизированном устройстве-манипуляторе, которое выполняет все остальные операции по размещению упаковок в отсеке. Устройство с помощью сканера считывает штрих-код с упаковки и передает полученную информацию в базу данных Andra. Система сравнивает данные штрих-кода конкретной упаковки с критериями приемлемости, и в случае соблюдения критериев запускает программу по выполнению дальнейших операций по захоронению упаковки. В результате робот автоматически устанавливает упаковку в заранее определенное внутри отсека место. Информация о месте размещения упаковки фиксируется в базе данных Andra.



Рис. 11.12. Размещение контейнеров и канистр с РАО с использованием крана (слева) и заливка слоя цемента поверх металлических канистр с РАО (справа)

Согласно проекту, пункт захоронения Об должен выполнять три основополагающие функции:

1. Обеспечивать изоляцию отходов от окружающей среды и способствовать поддержанию целостности упаковок с отходами, защищая их от контакта с водой, способной вызвать повреждение упаковок и активизировать процессы миграции радионуклидов. Для выполнения этого требования плиты фундамента камер захоронения размещены, по меньшей мере, на 30 см выше верхней отметки поднятия грунтовых вод. На этапе эксплуатации защита от поверхностных вод обеспечивается благодаря использованию мобильных крыш. После окончания выполнения операций по захоронению отходов мобильные крыши снимают и устанавливают постоянное покрытие – панели из бетона (рис. 11.13). В конечном итоге поверх всех модулей будет установлено многослойное грунтовое покрытие. Пока точный состав пород покрытия не определен. Сейчас на территории Об действует экспериментальная установка, имитирующая многослойное покрытие из песка и аптской глины. С 1994 года проводятся исследования по определению водопроницаемости двух различных участков установки с разной мощностью глиняного покрова (60 см и 1,5 м).



Рис. 11.13. Модули и отсеки (открытые, с мобильными временными и бетонными постоянными крышами)

Еще одним элементом системы захоронения, обеспечивающим изолирующие функции, является система отдельного водосбора. Эта система, позволяющая осуществлять сбор воды, фильтрующейся сквозь установку, должна сохранить свои проектные эксплуатационные характеристики в течение как минимум 300 лет. Благодаря системе отдельного водосбора весь объем воды, который может просочиться в установку сквозь грунтовое покрытие, будет собираться у основания модулей пункта захоронения, а затем под действием естественных сил гравитации отводиться по трубопроводу в контрольные емкости. При этом данная система работает независимо от системы сбора атмосферных осадков.

2. Приемлемость отходов. Отслеживание информации по РАО производится с момента их образования и на протяжении всего процесса обращения с ними. Практически все операции по захоронению отходов автоматизированы. Этот процесс предусматривает сканирование упаковок с отходами и фиксацию сведений в централизованной базе данных Andra (табл. 11.5). Компьютерная система на основании заранее установленных критериев приемлемости принимает решение по





каждой упаковке, еще до того, как эта упаковка будет вывезена с производственной площадки. Компьютеризированная система отслеживания интегрирована в автоматизированную систему, обеспечивающую выполнение операций по захоронению. Эта система также способна автоматически прервать выполнение операций по захоронению отдельной упаковки с РАО в случае, если будет обнаружено, что конкретная упаковка не соответствует установленным критериям приемлемости.

Табл. 11.5. Распределение зон технической ответственности между производителями отходов и Andra; (1) – прессование канистр, цементирование металлических контейнеров; (2) – от железнодорожного терминала Andra, а также в случае, если производитель отходов нанял Andra как подрядчика для осуществления транспортировки РАО

	Производитель отходов	Andra
Сортировка и характеристика отходов	X	-
Кондиционирование отходов	X	X ⁽¹⁾
Хранение	X	-
Приемка отходов	-	X
Транспортировка	X	X ⁽²⁾
Захоронение	-	X

Франция



3. Защита персонала. Предельная дозовая нагрузка на персонал (5 мЗв/год), определенная в соответствии с проектом пункта захоронения, составляет, согласно нормам французского законодательства, одну четвертую часть дозового предела для персонала ядерных установок.

Иммобилизация отходов

На территории объекта также располагаются установки, предназначенные для проведения операций по иммобилизации отходов. Оборудование включает две установки для отверждения отходов: установку цементированья, используемую для кондиционирования отходов, доставляемых на площадку в металлических контейнерах, а также установку цементированья и компактирования отходов, упакованных в канистры.

Затраты на реализацию проекта

Суммарные затраты на реализацию проекта по созданию пункта захоронения Об составили порядка 250 млн долларов США. Эта сумма включает все расходы, начиная с затрат на осуществление программы по поиску площадки, стартовавшей в 1983 году, до создания объектов инфраструктуры, необходимых для проведения операций по захоронению. Все затраты на реализацию проекта можно разделить на следующие компоненты:

- 8% – скрининговые и полевые исследования и характеристика площадки;
- 20% – управление проектом, инженерно-геофизические и проектные исследования;
- 43% – строительные работы на площадке, прокладка дорог и строительство железнодорожного терминала;
- 13% – строительство комплекса установок для кондиционирования отходов;
- 16% – осуществление процедуры лицензирования, включая подготовку ООБ, накладные расходы Andra, проведение информационной кампании, налоговые сборы.

Финансирование всех мероприятий осуществлялось за счет средств, собранных с производителей отходов. Доля участия каждого производителя отходов в финансировании данного проекта определялась на основании прогнозных объемов доставки отходов в Об, начиная с момента открытия пункта захоронения и до окончания его срока эксплуатации.

Согласно проекту, ежегодный объем доставки отходов в Об составил 30 000 м³. Исходя из этого, затраты на эксплуатацию установки оценивались на уровне 35 млн долларов США.

Учитывая затраты на сооружение новых модулей захоронения, эксплуатационные затраты и затраты на установку покрытия, стоимость захоронения одного кубического метра отходов составила порядка 8 000 французских франков.

Меры, реализованные в Об с учетом прошлого опыта эксплуатации пункта захоронения Мани

При проектировании пункта захоронения Об был учтен опыт эксплуатации приповерхностного пункта окончательной изоляции в Манш, что позволило реализовать меры, направленные на предотвращение возникновения потенциальных проблем (табл. 11.6).



Табл. 11.6. Меры, принятые с учетом прошлого опыта эксплуатации поверхностного ПЗ Манш

Выявленные проблемы (CSM)	Предложения/ решения для использования в ПЗ Об
Загрязнение установки/окружающей среды	При заполнении отсеков РАО используется система защиты от атмосферных воздействий (защита от дождевой воды) - мобильные крыши - установка временного покрытия после заполнения отсека Раздельный сбор дождевой воды и загрязненной воды Мониторинг установки/окружающей среды
Стабильность конструкции покрытия	Повышение механической стабильности Менее отвесные склоны Все упаковки помещают в бетонные камеры Недопустимо многоярусное захоронение Засыпка пустот внутри и между упаковками с отходами
Уменьшение дозовой нагрузки на персонал	Автоматизация процессов транспортировки и погрузки упаковок
Суммарная активность отходов, размещенных в установке	Составление точного реестра захораниваемых РАО Ограничение активности размещаемых упаковок, в частности по тритию Накопление радона недопустимо Сохранение информации о площадке в долгосрочной перспективе

Франция



Обращение с ВАО

ВАО, образующиеся в результате переработки ОЯТ, остекловывают, а канистры с остеклованными ВАО хранят в специализированных установках на площадках Ла Аг и Маркуль. Сейчас, после закрытия перерабатывающего завода в Маркуле, все операции по переработке ОЯТ осуществляются в Ла Аг, производящем ежегодно около 700 канистр с остеклованными ВАО [1].

11.4. Статус проекта по созданию национального пункта захоронения ВАО

Во Франции в качестве наиболее предпочтительного варианта окончательной изоляции высокоактивных и долгоживущих среднеактивных РАО была выбрана концепция их обратимого захоронения в глубинных геологических формациях. Следует отметить, что требование к обеспечению обратимости захоронения закреплено на законодательном уровне (Закон о радиоактивных отходах от 28 июня 2006 года). Итогом многолетних работ стала разработка проекта пункта захоронения долгоживущих САО и ВАО, который планируется построить в регионе Мёз/От-Марн. Объект получил название Cigéo [9].

Площадка Cigéo будет включать комплекс наземных установок, предназначенных для приема упаковок с отходами, их инспектирования и подготовки к захоронению; подземных секций пункта захоронения, размещенных на глубине около 500 м, и инфраструктуру, соединяющую наземные и подземные установки (рис. 11.14). Как ожидается, срок эксплуатации объекта Cigéo составит более 100 лет, в течение всего этого периода зона захоронения будет постепенно расширяться и в итоге займет территорию общей площадью 15 км².



Рис. 11.14. Предварительный проект пункта геологического захоронения Cigéo



Доставка и установка упаковок с отходами в горизонтальные тоннели (камеры), пробуренные в толще Келловей-Оксфордских глин, будет осуществляться с использованием роботизированных устройств. ВАО подлежат захоронению в облицованных металлом камерах, достигающих нескольких сотен метров в длину и около 70 см в диаметре. Долгоживущие САО будут захоронены в горизонтальных камерах протяженностью несколько сотен метров, диаметр которых составит несколько десятков метров. Проект секций захоронения основывается на модульном принципе, благодаря чему возможно постепенное расширение установки.

Наземные установки площадки будут соединены с подземной частью объекта посредством конструкций двух типов: вертикальные шахты – для доставки персонала, строительного материалов и оборудования, а также для обеспечения вентиляции подземных помещений; наклонный спуск (рампа), оснащенный фуникулером – для спуска упаковок с отходами.

После доставки на площадку объекта Cigéo упаковки с отходами будут транспортированы на специализированные участки, где будет осуществляться их извлечение из транспортного контейнера, инспектирование, разделение на категории и размещение в канистры для захоронения. В целях обеспечения дополнительного экранирования от радиоактивного излучения в ходе выполнения операций по захоронению канистры будут упакованы в специальные контейнеры. В таком виде отходы погрузят на фуникулер, который опустит их в подземные галереи установки. После чего контейнер будет помещен в отведенную для захоронения камеру (рис. 11.15).

Перед захоронением САО планируется либо подвергать битумизации, либо компактировать. В целях обеспечения возможности повторного извлечения отходов в течение 100 лет после окончания операций по захоронению РАО осуществлять засыпку тоннелей захоронения не планируется. Герметизация камер и тоннелей захоронения будет производиться с использованием блоков из бентонита и цемента.

Перед захоронением ВАО будут помещены в контейнеры из нержавеющей стали; каждый контейнер установят во внешнюю толстостенную упаковку из углеродистой стали и трубу из низколегированной стали, что позволит осуществлять манипуляции с отходами и при необходимости проводить их повторное извлечение. Основная задача упаковки – отдалить время контакта отходов с геологической средой до момента стабилизации температуры до желаемого уровня.

Упаковки с отходами планируется чередовать с буферными упаковками, заполненными инертным материалом, что позволит поддержать температуру внутри камер захоронения на приемлемом уровне (не выше 90°C).

Выбор площадки

Впервые процедура поиска площадки для строительства пункта глубинного захоронения ВАО была инициирована в 1987 году. При этом, согласно действовавшим на тот момент требованиям, для перехода от одного этапа процесса выбора площадки к последующим согласия местных органов власти и местных жителей не требовалось. Однако к 1990 году уровень недовольства общественности в связи с планами по строительству объекта окончательной изоляции РАО достиг критического уровня, и премьер министру Франции пришлось наложить мораторий на дальнейшую работу по проекту. Главным образом негативное отношение общественности можно объяснить отсутствием каких бы то ни было механизмов ее привлечения к процессу принятия решений [19]. В 1990 году была создана специальная парламентская комиссия. Проанализировав сложившуюся ситуацию, она пришла к выводу, что помимо геологического захоронения РАО следует изучить и другие альтернативы, а также определить формальную процедуру принятия решений по подобным проектам, предусматривающую обязательное вовлечение в этот процесс местных жителей и представителей общественных организаций. В результате в 1991 году был принят закон «О научных исследованиях и разработках в области обращения с РАО» («Bataille act»), утвердивший четкий порядок принятия политических решений, в том числе обязательное проведение НИОКР в течение не менее 15 лет до момента принятия решения по вопросу долгосрочного обращения с РАО [9].

В соответствии с законом, член Парламента Кристиан Батай выступил в роли посредника в диалоге между местными властями и представителями деловых кругов, промышленности и общественных организаций. Его работа была направлена на решение трех основных задач: предоставление информации общественности, ведение открытого диалога и облегчение процедуры принятия решений.

Основная рекомендация К. Батая заключалась в том, чтобы каждый департамент (местный совет) проголосовал по вопросу о проведении предварительных исследований на поверхности до того, как сам департамент будет внесен в список добровольцев; и только после этого список потенциальных площадок, находящихся на территории данных департаментов, мог бы быть передан на рассмотрение Правительству.

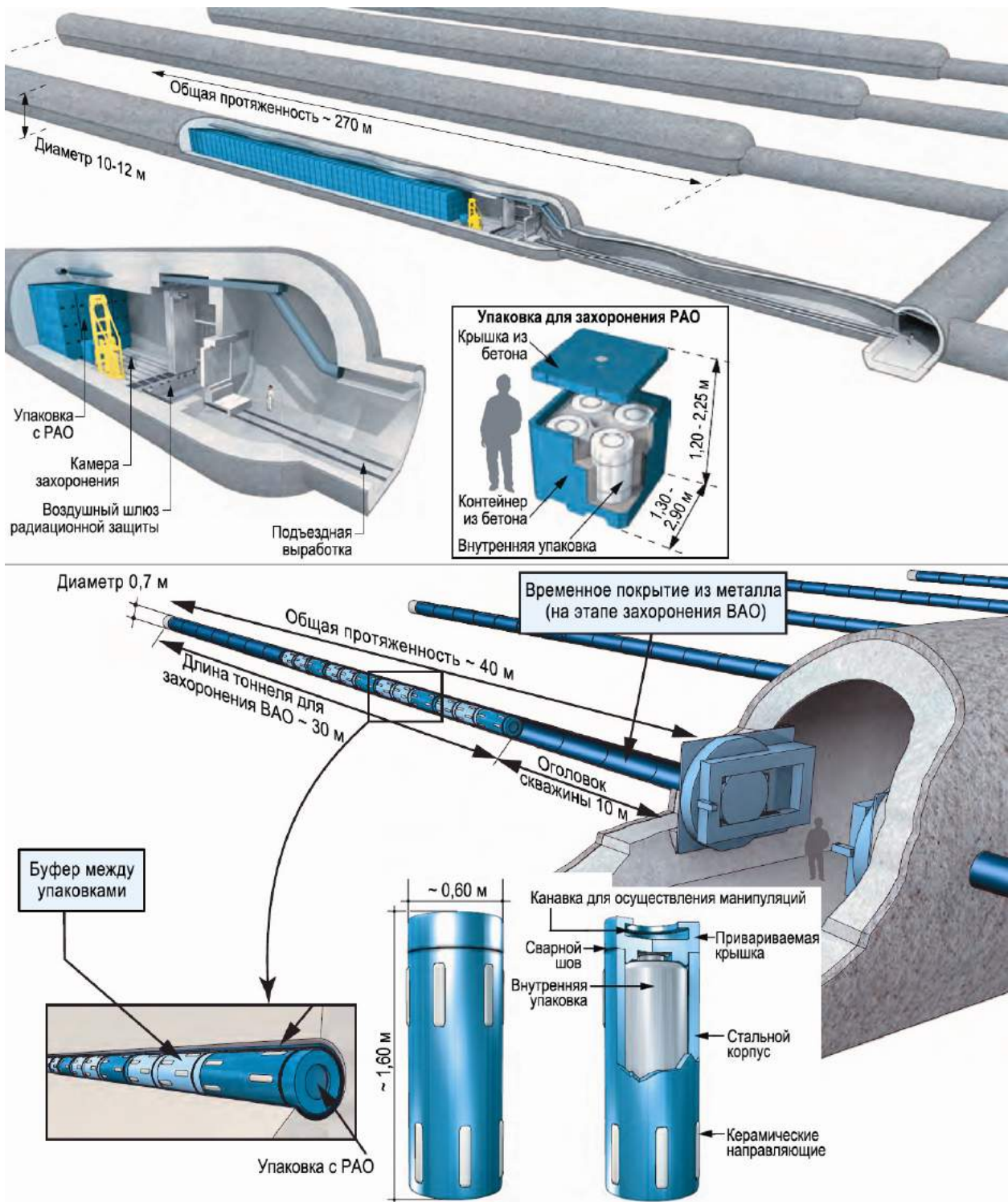


Рис. 11.14. Сверху – схема захоронения САО, снизу – схема захоронения ВАО

В соответствии с «Bataille act» также было учреждено независимое Национальное агентство по обращению с РАО (ANDRA). Кроме того, закон предусматривал создание в каждом регионе, где планировалось разместить ПИЛ, специальных Местных комитетов по информированию и общественному контролю (CLIS). Такие комитеты должны были отслеживать проведение НИОКР в ПИЛ и информировать об этом местных жителей, а при необходимости заказывать экспертизы у уполномоченных независимых научных организаций. Возглавляет каждый CLIS префект, избранный из числа представителей местных властей.

В декабре 1993 года К. Батай совместно с Министерством промышленности подготовил отчет, в котором были предоставлены дополнительные рекомендации относительно процедуры поиска площадки для строительства пункта захоронения:



- поддержать проведение общественных слушаний, для организации которых требуется создать местный информационный комитет с выделением бюджетных средств в размере 150 000 евро на каждый департамент;
- учредить план экономического развития каждого департамента с годовым бюджетом в размере 900 000 евро;
- ПИЛ должны сотрудничать с местными научно-исследовательскими организациями в ходе реализации научных и технических проектов.

В 1992 году ANDRA приступило к поиску регионов, подходящих для сооружения ПИЛ. В 1993 году для дальнейших исследований были отобраны 4 региона: Гард (глины), Мёз (глины), От-Марн (глины) и Вьенн (граниты). Результаты исследований, опубликованные в 1995 году, показали, что келловей-оксфордская глинистая формация непрерывна на всем протяжении от Мёз до От-Марн, поэтому эти два региона было решено объединить в единую зону исследований. Исследования в Гард было решено остановить ввиду возникших трудностей с оценкой долгосрочной эволюции геодинамических процессов в этом регионе. Экспертам также не удалось прийти к единому мнению по региону Вьенн, поэтому от исследований этой площадки также пришлось отказаться. Впоследствии подходящую площадку для исследований гранитных формаций на территории Франции найти так и не удалось, поэтому их изучением французские специалисты занимаются в зарубежных ПИЛ.

В 1998 году Правительство выдало ANDRA разрешение на строительство подземной исследовательской лаборатории в регионе Мёз/От-Марн. Строительные работы на площадке начались в 2000 году. Сама площадка расположена в нескольких километрах от небольшой деревушки Бюр, в местности с плотностью населения 31 чел/км². К 2004 году было осуществлено бурение до уровня залегания глинистой формации. Результаты проведенных исследований были опубликованы в отчете «Dossier 2005 Argile».

На данный момент подземная установка в Бюр используется ANDRA для:

- исследования технической осуществимости технологии обратимого геологического захоронения ВАО и долгоживущих САО;
- проведения экспериментов в целях демонстрации технических характеристик пункта захоронения, например, бурение и укрепление 100-метровой скважины для горизонтального захоронения остеклованных ВАО.

Следует отметить, что результаты исследования общественного мнения, проведенного в департаментах Мёз и От-Марн на момент начала работ по сооружению ПИЛ, показали рост поддержки местного населения. Так, «за» проведение исследований высказались 85% жителей коммун, проживающих в радиусе 10 км от установки. В 2006 году вышел закон о планировании, закрепивший целый ряд требований к проекту геологического захоронения РАО, в том числе:

- любой пункт глубинного геологического захоронения является базовой ядерной установкой;
- в заявке на получение лицензии для подобной установки должна рассматриваться конкретная вмещающая формация, изученная в ходе проведения НИОКР в ПИЛ;
- перед подачей заявки на получение лицензии необходимо провести общественные слушания, в ходе которых будут рассмотрены материалы отчета безопасности, подготовленного ANDRA;
- в случае подачи заявки на получение лицензии Национальная экспертная комиссия готовит соответствующий отчет, регулятор предоставляет свои рекомендации Правительству, проводится исследование общественного мнения среди местного населения, проживающего в границах установленной зоны исследований;
- на следующем этапе заявка вместе с отчетом Национальной экспертной комиссии, рекомендациями регулятора и результатами исследований общественного мнения передается на рассмотрение Парламентскому комитету по науке и технике (OPECTS). OPECTS направляет свое заключение по результатам экспертизы на рассмотрение сенату и Национальной ассамблее;
- затем Правительство должно одобрить законопроект, определяющий соответствующие условия и сроки осуществления повторного извлечения отходов. После чего стартует новый этап общественных слушаний, а Государственный совет принимает итоговое решение о выдаче лицензии.

Также следует отметить, что лицензия на пункт глубинного захоронения не может быть выдана до тех пор, пока не будут гарантированы условия для обеспечения возможности повторного извлечения отходов. В условиях лицензии оговаривается минимальная продолжительность обеспечения возможности повторного извлечения отходов (не менее 100 лет). В законе о планирова-





нии был также определен срок подачи заявки на получение лицензии (2015 год) и срок ввода объекта в эксплуатацию (2025 год).

В 2009 году Правительство утвердило зону для проведения детальных исследований в глинистых формациях площадью 30 км².

Согласно положениям закона 1991 года, вслед за решением ANDRA о строительстве ПИЛ в Бюр была создана локальная информационная комиссия (CLIS de Bure). CLIS de Bure обратилась к независимому Институту энергетических и экологических исследований (IEER) с просьбой оказать содействие в оценке научной обоснованности заключений ANDRA и достоверности информации, полученной в рамках НИОКР, проводимых Агентством, выявить недостающую информацию и неточности, предложить внесение изменений и дополнений в исследовательскую программу ANDRA.

В январе 2005 года IEER опубликовал свое заключение по результатам проведенной экспертизы. Согласно выводам специалистов IEER, оценить возможность реализации проекта глубинного геологического захоронения на данном этапе оказалось невозможно ввиду недостаточного объема собранных сведений; недостаточной прозрачности исследовательской программы и, как следствие, отсутствия независимого мнения, а также наличия пробелов в имеющихся данных. Отчет IEER был направлен в департаменты Мёз и От-Марн, а его выводы использовались в ходе проведения общественных слушаний.

В 2011 году Правительство одобрило проведение дальнейших исследований в ПИЛ Бюр (решение выдано сроком до 2030 года), даже несмотря на заключение IEER и официальное обращение CLIS de Bure, направленное членам Парламента. Тем не менее, ANDRA учла некоторые замечания IEER по проекту.

Согласно текущим планам, в установке планируется захоронить все ВАО и долгоживущие САО, которые будут произведены во Франции до 2052 года в результате эксплуатации 58 действующих на сегодняшний день и строящихся реакторов. ОЯТ в установке захораниваться не будет. Общая вместимость пункта захоронения составит порядка 100 000 м³.

Между ANDRA и Правительством Франции была достигнута договоренность о том, что до окончания общественных слушаний точное место размещения пункта захоронения определено не будет. В 2012 году Агентство пробурило и укрепило 100-метровую скважину для горизонтального захоронения остеклованных ВАО.

В апреле 2014 года Дирекция исследований и разработок ANDRA завершила работу над созданием базы данных Thermochimie, необходимой для проведения геохимического моделирования процессов, протекающих в пункте захоронения. База данных включает сведения о поведении радионуклидов и химических веществ в различных температурных условиях, а также данные, требующиеся для построения геохимических моделей при анализе состояния равновесия природных сред и эволюции материалов (бетон, сталь, органические материалы и др.), которые планируется использовать при сооружении пункта захоронения. Последняя версия базы данных содержит сведения о более чем 350 материалах, среди которых около сотни различных видов глин и более 50 химических элементов [10].

Летом 2014 года в рамках проекта Cigéo стартовала программа детализированных исследований, направленных на разработку технических операций и процедур по передаче, приему и захоронению упаковок с отходами. Ожидается, что работы будут выполнены за четыре года тремя конструкторскими фирмами: Assystem, Cegelec и Spretec, а затраты на проектирование системы обращения с РАО составят порядка 20 млн евро. В 2015 году ANDRA планирует передать на рассмотрение Правительству мастер-план по эксплуатации пункта окончательной изоляции и захоронению РАО, в котором помимо всего прочего будут прописаны различные способы достижения физической безопасности захоронения и возможности повторного извлечения захороненных РАО. Ожидается, что подача заявки на получение лицензии на строительство состоится в 2017 году, строительные работы стартуют уже в 2020 году с началом опытного захоронения к 2025 году [11].

Принятие решений местными органами власти

На местном уровне решения по вопросу размещения установок для захоронения РАО принимаются руководством департаментов* (местными советами). Совещательное голосование как на местном, так и на региональном уровне являлось частью процесса получения лицензии на ПИЛ, точно так же обстоит дело и с объектом Cigéo. Несмотря на то, что голосование носит лишь «со-

* Административно-территориальная единица во Франции



вещательный» характер, для того, чтобы проект получил одобрение Правительства, Агентству необходимо заручиться большинством голосов местных жителей.

В 1997 году во время лицензирования ПИЛ в голосовании участвовали не только департаменты, но и два региональных совета, а также 33 коммуны, жители которых проживают в радиусе 10 км от главной шахты ПИЛ [9].

Роль Правительства

Во Франции действует сложная централизованная административно-политическая система. Процесс принятия решений по вопросу обращения с РАО организован таким образом, чтобы в нем были задействованы все уровни власти.

По результатам общественных слушаний Правительство принимает указы, предписывающие ANDRA провести те или иные работы. Таким образом, Правительство принимает решения на протяжении всего процесса реализации проекта [9].

Роль оператора

ANDRA отвечает за захоронение РАО во Франции и занимается исследованием вопросов глубинного захоронения ВАО и долгоживущих САО. Для этих целей в ПИЛ Бюр проводятся научные эксперименты и технологические испытания, призванные продемонстрировать техническую осуществимость проекта глубинного захоронения.

В 2005 году ANDRA официально подтвердило тот факт, что глубинное геологическое захоронение является наиболее целесообразной стратегией обращения с ВАО и долгоживущими САО. В результате в 2006 году вышел Закон о планировании, официально утвердивший концепцию глубинного геологического захоронения ВАО и долгоживущих САО [9].

Выгоды от реализации проекта

С 2006 года финансовые выгоды от строительства ПИЛ получили уже 312 общин в коммуне Бюр. В период с 1999 по 2006 гг. департаменты Мёз и От-Марн получали по 9,1 млн евро в год за работу своих инициативных групп. С 2007 года и до момента принятия решения о строительстве пункта захоронения в этой местности каждая инициативная группа получит до 30 млн евро. Согласно положениям закона о планировании от 2006 года, на содействие развитию местной экономики и трудоустройству должны расходоваться две трети бюджета, а одна треть идти на развитие научно-технической базы и профессиональную подготовку. В законе также прописано, что около 14% бюджетных средств, направляемых на содействие экономическому развитию, следует передать коммуна, жители которых проживают в радиусе 10 км от ПИЛ. Причем коммуны смогут распоряжаться полученными средствами по собственному усмотрению [9].

После принятия решения о строительстве пункта геологического захоронения установка будет отнесена к типу «базовых ядерных установок» и на нее будут распространяться положения специальной системы налогообложения, принятые для данного типа ядерных установок.

Кроме того, местные жители получают выгоду от создания новых объектов инфраструктуры крупными производителями отходов, например, компания EDF планирует строительство национального архивного центра. Другие атомно-энергетические компании также поддерживают местные предприятия, помогая им в разработке проектов и подаче заявок на соискание грантов инициативных групп [9].

Этапы реализации проекта по созданию пункта геологического захоронения (Cigéo)

Табл. 11.7. Этапы реализации проекта по созданию пункта геологического захоронения ВАО и долгоживущих САО во Франции

1991 г.	Создание ANDRA
1992 г.	Разработка проекта пункта геологического захоронения, выявление круга проблем и информационных потребностей
1993 г.	Выявлено 30 площадок-добровольцев
1994–1996 гг.	Геологоразведочные работы на двух площадках в глинах (Мёз/От-Марн и Гар) и на одной в гранитах (Виенн)
1998 г.	Правительство утверждает площадку Мёз/От-Марн. Разработана программа НИОКР для ПИЛ
1999–2001 гг.	Начало проходки шахтного ствола ПИЛ





2000 г.	В Бюр завершено строительство ПИЛ, состоящей из наземных сооружений (административные корпуса, мастерские, лаборатории и т.п.) и тоннеля, проложенного на глубине от 445 до 490 м, общей протяженностью более 1 км
2002 г.	Пересмотр научной программы на 2002–2005 гг. и анализ различных концепций глубинного захоронения
2003–2004 гг.	Бурение скважин на площадке и вокруг ПИЛ
2004–2005 гг.	Исследования в скважинах
2006 г.	Закон о планировании 2006 года, утвердивший цели захоронения РАО и временные рамки реализации проекта
2007 г.	Создание центра для постоянного наблюдения за окружающей средой в окрестностях будущей площадки пункта захоронения
2011 г.	Учреждение промышленного комитета – нового консультативного органа, созданного специально для работы над проектом Cigéo
Декабрь 2011 г.	ANDRA получает лицензию на эксплуатацию ПИЛ и разрешение на продолжение исследований на объекте Мёз/От-Марн сроком до 31 декабря 2030 года
2013 г.	Общественные слушания, утверждение площадки Правительством
2015 г.	Подача заявки на получение лицензии на объект Cigéo
2015–2018 гг.	Общественные слушания
2017–2020 гг.	Рассмотрение заявки на объект Cigéo (ASN, CNE)
2020 г.	Получение лицензии, начало строительных работ на площадке
2025 г.	Ввод в эксплуатацию (захоронение первой партии отходов)

Обоснование безопасности проекта захоронения: «Dossier Argile 2005»

Основная задача подготовки документа «Dossier 2005 Argile» состояла в оценке технической осуществимости проекта геологического захоронения РАО в глиняных формациях, строящейся на описании характеристик вмещающих пород и результатах первых исследований, проведенных в ПИЛ Мёз/От-Марн. Таким образом, в документе анализируется возможность сооружения, эксплуатации и мониторинга установки для обратимого захоронения РАО при условии обеспечения безопасности человека и окружающей среды в течение длительного периода времени – до нескольких сотен тысяч лет. Таким образом, этот документ, послуживший основой для проведения оценок безопасности, описывает подход, используемый ANDRA для доказательства наличия технически осуществимых решений обеспечения безопасности геологического захоронения. Следует отметить, что в рамках «Dossier 2005 Argile» такие решения рассматриваются лишь как допустимые варианты реализации проекта с учетом возможных изменений концепции захоронения с течением времени. Таким образом, в «Dossier 2005 Argile» не обосновывается строительство установки на определенной площадке, а оценивается техническая осуществимость деятельности по захоронению РАО в конкретных геологических формациях (Келловой-Оксфордская глиняная формация) [12, 13, 14].

Реестр захораниваемых РАО

В рамках «Dossier 2005 Argile» рассматривается захоронение двух основных категорий РАО:

- остеклованных высокоактивных РАО (отходы категории С), образовавшихся в результате переработки ОЯТ и содержащих продукты деления и младшие актиниды. При этом на ВАО приходится малый объем, но большая часть суммарной активности;
- среднеактивных отходов (отходы категории В), образующихся при переработке ОЯТ (главным образом) и в результате эксплуатации и технического обслуживания ядерных установок. На данную категорию РАО приходится большая часть объема отходов (70 000 – 80 000 м³).

Также в «Dossier 2005 Argile» рассматривается возможность захоронения ОЯТ (UOX и MOX) [13].

Геологическая среда

Рассматриваемый район расположен на восточной оконечности Парижского бассейна, сложенного толщей переслаивающихся осадочных пород с преобладанием слоев глин и известняков. Захоронение РАО планируется осуществлять на уровне Келловой-Оксфордских глин, представляющих собой однородную толщу малой проницаемости. Пласт пролегает на глубине 420–600 м, а его мощность варьируется от 130 м на юге рассматриваемой зоны до 160 м на севере. Свойства вмещающих пород в этом регионе достаточно хорошо изучены благодаря программе исследований, в ходе осуществления которой было пробурено несколько разведочных скважин, проведены



лабораторные и полевые исследования, подтвердившие тот факт, что вмещающие породы региона обладают низким локальным гидравлическим (вертикальным) градиентом напора, а водоносные горизонты, окружающие рассматриваемые формации, характеризуются низкими горизонтальными градиентами напора. Результаты сейсморазведки свидетельствуют об отсутствии крупных разломов в данных породах. В тоже время результаты многочисленных исследований, проведенных в ПИЛ, говорят об относительной однородности свойств рассматриваемых формаций [13, 14].

Подход к демонстрации безопасности и аргументы безопасности

«Dossier 2005 Argile» строится на двух базовых принципах, обосновывающих «пассивность» средств обеспечения безопасности захоронения после закрытия установки:

- робастность (несмотря на имеющиеся неопределенности, характеристики элементов, составляющих систему захоронения, должны гарантировать поддержание работоспособности системы при любых обоснованно возможных неблагоприятных воздействиях);
- доказуемость (при выборе той или иной концепции ее безопасность может быть проверена наиболее простым образом).

Эти два принципа реализуются на практике за счет множественной аргументации, в том числе посредством расчетов, выполняемых в рамках оценки безопасности, качественных рассуждений, проведения аналогий, проведения экспериментов и/или испытаний в натуральных условиях. В целях получения более полных знаний об эксплуатационных показателях системы, Andra закрепила за каждым элементом системы (например, вмещающими породами, упаковками с РАО и т.п.) определенные функции безопасности. Таким образом, согласно концепции захоронения, система должна:

- ограничить приток воды и задержать миграцию радионуклидов внутри системы захоронения;
- ограничить выход радиоактивных веществ (иммобилизация): эта функция реализуется за счет формы отходов, контейнеров и химических условий внутри камеры захоронения;
- задержать и замедлить миграцию радионуклидов, которые могут вырваться за пределы камеры захоронения. Эта функция реализуется за счет вмещающей формации и закупорок, устанавливаемых на различных конструктивных элементах системы.

Все эти функции выполняют различные независимые друг от друга элементы системы, а ключевой аргумент безопасности – свойства самих Келловей-оксфордских глинистых формаций: малая проницаемость, хорошая удерживающая способность, благоприятные геохимические свойства и гидрогеологическая среда. Возраст формаций, их тектоническая стабильность и глубина размещения установки обеспечат уверенность в том, что эти свойства останутся неизменными в течение анализируемого периода времени (несколько сотен тысяч лет). Из-за малой проницаемости вмещающие породы из глины будут играть роль диффузионного барьера при перемещении радионуклидов. Химический состав трещино-поровых вод в глинах также будет способствовать осаждению различных радионуклидов и их переходу в твердые минералы. Кроме того, в состав глины входит большое количество смектитов, глинистых минералов, способствующих задержанию радионуклидов, растворенных в грунтовых водах, либо благодаря протекающим ионно-обменным процессам, либо за счет сорбции. Схема размещения конструктивных элементов внутри установки и ее проект разработаны таким образом, чтобы способствовать сохранению всех перечисленных выше свойств Келловей-оксфордских глин в неизменном состоянии, в том числе за счет сведения к минимуму объема нарушенных пород при проведении экскавационных работ и воздействия конструктивных материалов и самих отходов (ограничение тепловыделения).

Подход, применяемый Andra в целях формирования более полного представления о безопасности системы захоронения, можно разбить на несколько элементов (рис. 11.15) [14]:

- выявить ожидаемые функции безопасности и определить соответствующие требования;
- получить сведения, необходимые для обоснования поведения системы и ее эволюции с течением времени;
- получить информацию о соответствующих инженерных решениях;
- проанализировать неопределенности с целью выработки технического решения (разработки проекта), которое бы позволило снизить неопределенности;
- определить набор сценариев (нормальной и альтернативной эволюции) для решения проблем, связанных с оставшимися неопределенностями;
- дать количественную оценку показателей функционирования и индикаторов безопасности (включая дозовое воздействие);
- использовать полученные данные в разработке проекта установки и для получения новых знаний.



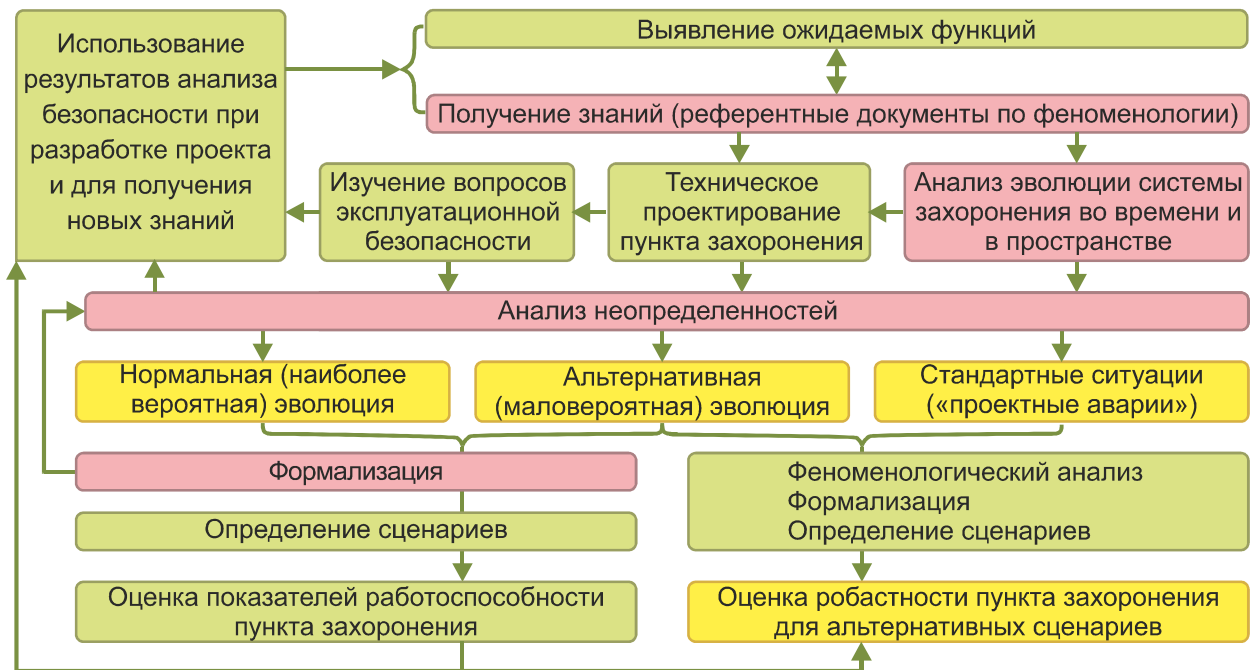


Рис. 11.15. Этапы анализа безопасности системы захоронения

Прогноз поведения системы захоронения, сделанный на базе имеющегося массива научных данных, составляет основу подхода к обеспечению безопасности. Andra систематизирует научные данные в виде феноменологического анализа, благодаря которому можно получить упрощенное, но «взвешенное» представление обо всех протекающих в системе захоронения явлениях и ее эволюции с течением времени. Таким образом, под понятием «феноменологический анализ»^{*} Andra понимает анализ термических, гидрологических, механических и химических процессов (ТНМС), моделей и массива научных данных. В рамках качественного анализа безопасности (QSA), проводимого Andra на основании результатов PARS и анализа функций, систематизируются и оцениваются неопределенности, имеющие отношение к ТНМС-процессам и их влиянию на функции безопасности. Кроме того, QSA позволяет оценить робастность системы захоронения за счет рассмотрения вероятных нарушений функционирования системы (ухудшение показателей функционирования, дефекты упаковок с отходами, нарушение герметичности оболочки и т.п.). В итоге Andra разработала целый ряд сценариев, каждый из которых в упрощенном виде описывает начальное состояние системы захоронения и ее эволюцию с течением времени [14].

В сценарии нормальной эволюции (NES) определены пороговые значения, используемые при рассмотрении всех вероятных или возможных вариантов эволюции системы, и описана ожидаемая эволюция системы захоронения для случая, если все ее компоненты выполняют закрепленные за ними функции. «Сценарии альтернативной эволюции» (AES) описывают «альтернативные ситуации», связанные с возникновением маловероятных событий, что сопровождается нарушением одной из функций безопасности.

В рамках проводимых оценок Andra стремится получить несколько завышенную оценку воздействия системы захоронения на человека и окружающую среду, используя «осторожную» аргументацию, но избегая чрезмерно пессимистичного подхода. Сценарий нормальной эволюции системы представляется как гипотеза, не стремящаяся отразить реальное развитие событий в будущем, а, скорее, призванная охватить весь диапазон наиболее вероятных ситуаций. При анализе NES дозовое воздействие рассматривается лишь как индикатор, а не точный прогноз.

В целях формирования исчерпывающих оценок результаты качественного анализа безопасности сопоставляют с аналогичными результатами, полученными в других странах, в том числе со сведениями, представленными в международных базах данных FEP (NEA/OECD, Nagra и др.) [14].

Структура обоснования безопасности

Система отчетов и документации различного уровня, используемая Andra в целях оценки технической осуществимости проекта геологического захоронения РАО в глиняных формациях, представлена на рис. 11.16. Первый уровень отчетности представлен сводным отчетом, в котором

^{*} Phenomenological Analysis of Repository situation (PARS)



представлена обзорная информация о подходе Andra к разработке технических решений для геологического захоронения РАО, более подробно рассмотренном в трех отчетах второго уровня («сквозные» обобщенные отчеты). Третий и четвертый уровни отчетности (пять тематических сборников и 72 технических документа) содержат еще более подробную информацию по отдельным вопросам.

Суммарные затраты на реализацию проекта Cigéo

В 2004 году была создана специальная рабочая группа, в состав которой вошли представители Правительства, ANDRA и эксплуатирующих организаций, которая в течение двух лет производила оценку затрат на реализацию проекта геологического захоронения ВАО. Результаты исследования показали, что суммарные затраты, включая затраты на строительство, эксплуатацию и закрытие пункта глубинного захоронения, с учетом непрерывного финансирования проекта на протяжении более 100 лет составят от 13,5 до 16,5 млрд евро. Данная оценка была выполнена с учетом 40-летнего срока эксплуатации французских АЭС. Сумма в размере 16,5 млрд евро была рассчитана с учетом инфляции и используется производителями отходов для оценки будущих затрат на захоронение РАО. Согласно требованиям французского законодательства, производители отходов должны раз в три года передавать на рассмотрение административным органам отчеты, содержащие оценки стоимости захоронения производимых ими РАО; описание методов, использованных для расчета; сведения о составе и объемах РАО, которые планируется передать на захоронение; а также об управлении собственными активами для покрытия затрат на захоронение. Ожидается, что затраты на реализацию проекта захоронения возрастут в связи с планами EdF по продлению срока эксплуатации АЭС, что, согласно оценкам, приведет к росту объемов ВАО и долгоживущих САО, направляемых на захоронение. Поэтому в 2008 году Правительство поручило ANDRA изучить возможные технологические решения по оптимизации проекта пункта захоронения (например, сделать отсеки для размещения ВАО длиннее и уменьшить их количество). В 2009 году Агентство опубликовало второй отчет по геологическому захоронению РАО во Франции (досье ANDRA 2009), в котором был представлен обновленный проект объекта Cigéo [15].

Общественные слушания по проекту Cigéo

За последние 15 лет в мире коренным образом изменилось представление о роли общественного мнения и уровне вовлеченности общественности в самые разнообразные государственные и негосударственные проекты, связанные с вопросами защиты окружающей среды. Так, в 1998 году была принята Орхусская конвенция — конвенция Европейской Экономической Комиссии ООН «О доступе к информации, участии общественности в принятии решений и доступе к правосудию по вопросам, касающимся окружающей среды», ратифицированная, в том числе и Францией. Орхусская конвенция — не что иное, как соглашение об ответственности государств перед обществом, о гласности, об обязанности государств предоставлять доступ к информации по проектам и сотрудничать с общественностью и общественными организациями как с равноправными партнерами.

В апреле 2009 года институт IRSN (организация, оказывающая техническую поддержку регулятору) подписал хартию об открытости перед обществом, приняв тем самым обязательства по повышению прозрачности процесса представления результатов своих исследований, обязавшись делиться с общественностью полученными знаниями, помогать заинтересованным сторонам в достижении ими соответствующего уровня технического понимания, который бы позволил IRSN совместно с другими заинтересованными сторонами производить оценку рисков, связанных с реализацией рассматриваемых проектов.

Для этих целей в структуре IRSN появился специальный отдел, деятельность которого направлена на увеличение транспарентности при принятии решений по проекту, в частности:

- сбор информации о вопросах, вызывающих общественную обеспокоенность;

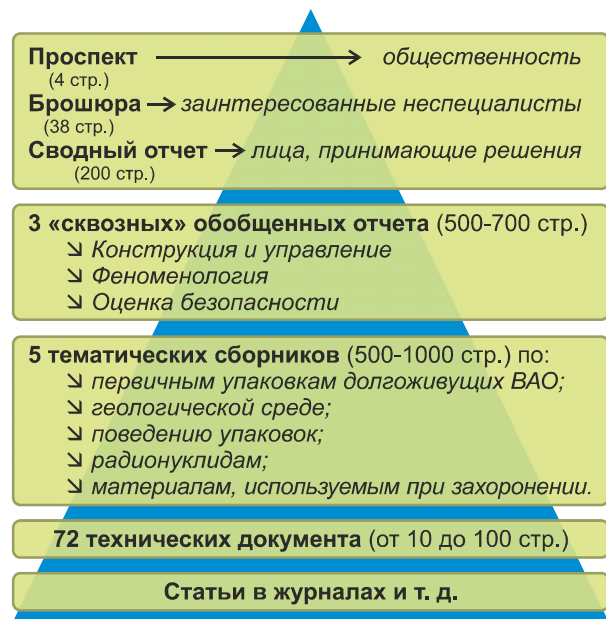


Рис. 11.16. Структура документации Andra по проекту геологического захоронения РАО





- оказание помощи оперативным группам, работающим непосредственно с заинтересованными сторонами;
- управление процессом внесения изменений в деятельность IRSN, касающихся методов проведения технических и экологических экспертиз;
- участие IRSN в европейских проектах по привлечению общественности к управлению рисками.

В рамках данной миссии департамент открытости работает с двумя структурами: CLI и ANCCLI. CLI – это локальные информационные комиссии. Каждая такая комиссия, а всего их 38, закреплена за определенной площадкой с размещенными на ней ядерными установками. Основная функция CLI заключается в проведении мониторинга деятельности, реализуемой операторами ядерных установок, и информировании местного населения обо всех аспектах, связанных с ядерной и радиационной безопасностью. Такие комиссии состоят из добровольцев, половина из которых представлена выборными представителями государственных органов власти. Кроме того, CLI не менее чем на 10% состоят из представителей следующих групп заинтересованных сторон: общественные экологические организации, профсоюзы операторов ядерных установок, специальные «уполномоченные лица». Тридцать одна локальная информационная комиссия входит в национальную ассоциацию локальных информационных комиссий и комитетов (ANCCLI).

В рамках подготовки к проведению общественных слушаний по проекту Cigéo в 2012 году была собрана небольшая рабочая группа, состоявшая из представителей всех заинтересованных сторон (IRSN, CLI, локальной комиссии Бюр (CLI de Bure), ASN, Andra, DGEC). В ходе нескольких заседаний участники обсуждали проект Cigéo, после чего было принято коллективное решение о том, какие именно вопросы будут вынесены на рассмотрение в ходе общественных слушаний.

Для целей информирования общественности IRSN создал специальный сайт, на котором были кратко изложены результаты исследований, проведенных институтом и посвященных вопросу геологического захоронения РАО, а также представлена позиция IRSN по данному проекту. Кроме того, IRSN выпустил брошюру, в которой было отражено мнение различных заинтересованных сторон по вопросу создания пункта глубинного захоронения ВАО и долгоживущих САО, а также 12 брошюр по каждой из основных тем слушаний (обратимость захоронения РАО, реестр отходов, долгосрочное хранение и т.п.).

Изначально общественные слушания планировалось провести с 15 мая по 15 октября 2013 года в форме 15-ти общественных собраний. Однако опыт проведения первых двух показал, что подобная форма организации абсолютно неэффективна. Между заинтересованными сторонами так и не удалось провести открытую дискуссию, поскольку представители общественности, присутствовавшие на собраниях, были настроены крайне скептически и враждебно. Они заявили, что принятие второго закона о РАО в 2006 году, закрепившего вариант захоронения РАО, по сути, лишило общественность права выбора между двумя альтернативными вариантами реализации долгосрочного обращения с РАО – хранением и захоронением. В результате общественные слушания было решено продлить до 15 декабря 2013 года и перенести в виртуальную среду. Так были созданы интерактивные интернет-форумы по обсуждению 9-ти основных тем с привлечением от 4-х до 6-ти представителей ANDRA, CLI и других заинтересованных сторон для обсуждения каждой из тем. Кроме того, была организована гражданская комиссия из 16 человек, более чем на половину состоявшая из резидентов департаментов Мёз и От-Марн. Комиссия за шесть дней составила собственный итоговый отчет по результатам рассмотрения документации, представленной IRSN по проекту Cigéo. 3 февраля в ходе пресс-конференции IRSN было оглашено заключение гражданской комиссии: «В целом, у членов комиссии не нашлось возражений против строительства объекта при условии, что в ходе дальнейших НИОКР на площадке, проводимых в реальных условиях и масштабах, будут получены удовлетворительные результаты» [16].

12 февраля 2014 года Национальная Комиссия по общественным слушаниям опубликовала протокол и официальный отчет. После чего ANDRA приступила к анализу высказанных в ходе слушаний замечаний. В частности – к оценке новой последовательности этапов реализации проекта, включающей стадию «опытного» захоронения РАО. Прежде всего, введение этапа опытного захоронения позволило бы удовлетворить пожелания граждан, высказавшихся за проведение предварительных исследований в реальных условиях пункта захоронения. Кроме того, ANDRA продолжит обмен мнениями с представителями префектур, местных общественных организаций и локальной информационной комиссии (CLI) Бюрской лаборатории. Предварительный анализ проектных решений позволит ANDRA внести некоторые изменения в проект с учетом как замечаний, высказанных в ходе общественных слушаний, так и рекомендаций ASN, IRSN, CNE, National Assessment Board (Национальная квалификационная комиссия) и Управления по охране окружающей среды [17, 18].



11.5. Подземная исследовательская лаборатория Турнемир

Целью реализации программы научных исследований в подземной лаборатории Турнемир является развитие научно-исследовательской базы по геологическому захоронению долгоживущих ВАО и САО, а также снижение сопутствующих захоронению рисков. В 1992 году IRSN получил возможность проведения исследований на площадке Турнемир, ставшей уже четвертой ПИЛ, используемой институтом для ведения собственных программ НИОКР, наряду с площадками в Моль (Бельгия), Монт-Терри (Швейцария) и Бюр (Мёз, Франция). Кроме того, Турнемир стала четвертой по счету лабораторией в Европе для проведения исследований концепции захоронения РАО в глинах. При этом ПИЛ Турнемир используется исключительно для проведения НИОКР, и здесь никогда не будет производиться захоронение РАО [19, 20].

Цель создания и проводимые исследования

Национальное агентство по обращению с радиоактивными отходами (ANDRA) несет ответственность за разработку проекта, сооружение и эксплуатацию пункта геологического захоронения ВАО и долгоживущих САО. В ожидании принятия решения по объекту Cigéo, ввод в эксплуатацию которого запланирован на 2025 год, ANDRA проводит исследования в подземных исследовательских лабораториях. Начиная с 1999 года, такие исследования проводятся в ПИЛ Бюр (Мёз), а для обеспечения независимости оценок по проекту IRSN (институт, оказывающий техническую поддержку регулятору) уже в течение 21 года проводит собственные исследования в ПИЛ Турнемир на юге департамента Аверон. ПИЛ расположена внутри старого железнодорожного тоннеля протяженностью 1 885 м, сооруженного более 120 лет назад (рис. 11.12). Принимая во внимание сроки создания тоннеля, у IRSN есть уникальная возможность наблюдать за изменениями во вмещающих породах, вызванными проведением экскавационных работ более чем столетней давности. Помимо тоннеля ПИЛ Турнемир включает шесть выработок протяженностью 285 м и около 200 скважин, проходка которых началась еще в 1990 году. Характеристики глин на площадке ПИЛ Турнемир во многом схожи с глинами ПИЛ Бюр.

Франция

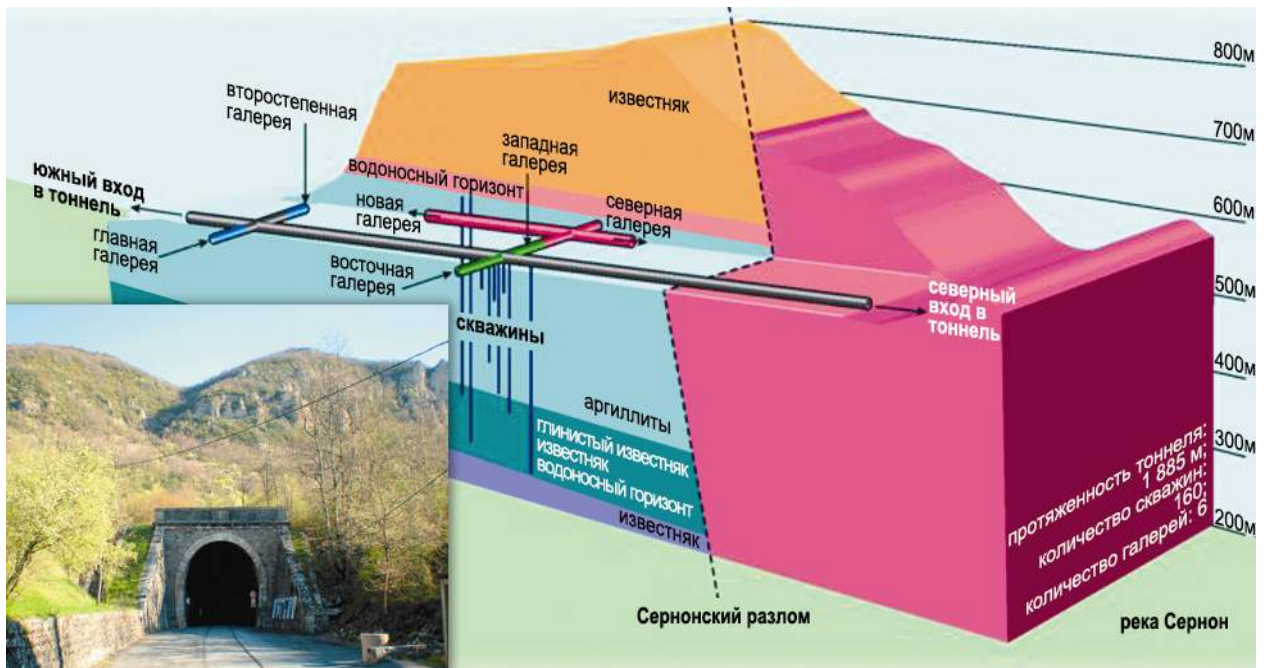


Рис. 11.12. Подземная исследовательская лаборатория Турнемир

Исследования на площадке Турнемир позволят IRSN изучить наиболее значимые процессы с точки зрения обеспечения долгосрочной безопасности геологического захоронения, в том числе:

- механизмы, отвечающие за перемещение воды и природных веществ, присутствующих в глинистых формациях;
- влияние экскавационных работ, последствия от внедрения искусственных конструкций и их влияние на способность вмещающих пород удерживать радиоактивные вещества;



- эффекты, связанные со взаимодействием вмещающих пород и материалов, вводимых искусственно (например, бетон и металлоконструкции);
- особенности поведения элементов важных с точки зрения обеспечения долгосрочной безопасности геологического захоронения (например, уплотнителей).

Геология

Геологические формации Турнемира представляют собой сложную последовательность пластов, сложенных аргиллитами и известковыми глинами. Точно такие же породы изучаются ANDRA в ПИЛ Бюр. Слой глины мощностью 250 метров окружен известковистой породой, сформировавшейся в морской среде более 180 млн лет назад.

Несмотря на то, что аргиллиты менее склонны к растрескиванию по сравнению с другими видами пород (известняками и гранитами), в Турнемире есть трещины и разломы различного размера, возникшие еще 40-50 млн лет назад при формировании горного массива Пиренеев. Чрезвычайно важно изучить свойства этих трещин и разломов, так как они могут влиять на перемещение подземных вод в слое аргиллитов.

В лаборатории используется множество контрольно-измерительных приборов и различных методов наблюдения. Цель исследований – анализ состояния аргиллитовых пород и их поведения, выявление разломов с использованием геофизических методов, оценка содержания воды и скорости ее перемещения и изучение геологических нарушений, способных возникнуть в таких породах при сооружении пункта захоронения. В последние годы в лаборатории выполняется ряд НИОКР по оценке эксплуатационных качеств инженерно-технических элементов, используемых при сооружении пунктов глубинного захоронения.

Разработка расчетных кодов

Для поддержки экспериментов в лаборатории Турнемир IRSN разрабатывается расчетный код MELODIE. Он предназначен для двух- и трехмерного моделирования процессов геофильтрации и геомиграции радионуклидов. Реализованный в нем к настоящему времени функционал позволяет численно моделировать процессы напорной и насыщенно-ненасыщенной фильтрации, адвективно-диффузионно-дисперсионный перенос радионуклидов с учетом процессов сорбции, описываемой линейной изотермой, и радиоактивного распада.

В 2010 году в рамках общего договора о сотрудничестве между ИБРАЭ РАН и IRSN начаты работы по совместной кросс-верификации расчетных кодов MELODIE и GeRa (ИБРАЭ РАН). В 2013 году была завершена кросс-верификация моделей напорной фильтрации и переноса радионуклидов в насыщенных условиях, включавшая ряд модельных тестов и тест с реалистичными параметрами, описывающий геомиграцию в неоднородной среде с локальными зонами высокой проводимости (трещинами). В 2014 году начаты работы по кросс-верификации кодов на задачах ненасыщенной фильтрации и переноса в зоне аэрации.

Литература к главе 11

1. OECD/NEA, Radioactive Waste Management Programmes in OECD/NEA Member Countries, France, Profile, Organization for Economic Cooperation and Development/Nuclear Energy Agency 2014.
2. Nuclear World Association, Nuclear Power in France (updated on 25 November 2014).
3. World Nuclear Association, Storage and Disposal Options, Radioactive Waste Management Appendix 2 (updated August 2013).
4. World Nuclear Association, National Policies Radioactive Waste Management - Appendix 3 (updated April 2013).
5. Main Outcomes From IRSN's Evaluation Of The French Geological Project «CIGEO», Delphine PELLEGRINI, IRSN, 18th June 2014, ENSTTI Training Module «Final Disposal Safety», Fontenay-aux-Roses, France, 16-20 June 2014.
6. Primer on radioactive wastes, the CIGEO Project, Andra, July 2012.
7. From CSM to CSA: French feedback, Amélie de Hoyos, IRSN, June 17th, 2014, ENSTTI Training Module «Final Disposal Safety», Fontenay-aux-Roses, France, 16-20 June 2014.
8. Radioactive Waste Management Stakeholders Map in the European Union, Meritxell Martell & Gianluca Ferraro, European Commission Joint Research Centre Institute for Energy and Transport, Report May 2014.
9. Geological disposal: overview of international siting processes, Nuclear Decommissioning Authority, UK, September 2013.



10. L'Andra met en ligne ses données thermodynamiques, Andra, April 2014.
11. Designing the Cigéo disposal site, World Nuclear News, July 2014.
12. Dossier 2005 Argile, Tome, Architecture and Management of a Geological Repository, Andra, December 2005
13. Проблемы ядерного наследия и пути их решения. Развитие системы обращения с радиоактивными отходами в России. – Под общей редакцией Большова Л.А., Лаверова Н.П., Линге И.И. – Москва: 2013. – 392 с. – Т.2.
14. NEA (2004a), Post-closure Safety Case for Geological Repositories: Nature and Purpose, NEA No. 3679, OECD/NEA, Paris.
15. Project cost, the CIGEO Project, Andra, October 2012.
16. The management of radioactive waste: A description of ten countries, Rolf Lidskog & Ann-Catrin Andersson, Svensk Kärnbränslehantering AB (SKB).
17. Cigéo public debate: citizens' committee releases opinion statement, the CIGEO Project, Andra, February 2014.
18. Débat public Cigéo: Publication du bilan et du compte-rendu du débat, Andra News, February 2014.
19. Cigeomag - Cigeo: l'histoire d'un projet, Andra, 2013.
20. Tournemire experimental station, Experimental Facilities and Means, IRSN.
21. Station expérimentale de l'IRSN à Tournemire, Connaître et prévenir les risques liés au stockage géologique; Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire.

Франция





12. Швейцария

Стратегия обращения с ОЯТ

Прямое захоронение ОЯТ без предварительной переработки

Реестр РАО (по состоянию на конец 2013 года)

		Объем, м ³ (суммарная активность, Бк) РАО					
		АЭС Безнау	АЭС Гёсен	АЭС Лайбштадт	АЭС Мюлеберг	ZZL	PSI
НАО/САО	конд.	1 168 (5,9·10 ¹⁴)	236 (6,6·10 ¹³)	1 323 (2,9·10 ¹⁴)	899 (2,8·10 ¹⁴)	1 581 (2,8·10 ¹⁴)	1 475 (4,8·10 ¹⁵)
	неконд.	86 (4,5·10 ¹¹)	38 (1,7·10 ¹²)	16 (3,7·10 ¹⁰)	45 (9,8·10 ¹¹)	400 (9,4·10 ¹¹)	457 (6,4·10 ¹⁵)
α-ток-сичные	конд.	-	-	-	-	65 (2,4·10 ¹⁶)	63 (7,8·10 ¹⁴)
	неконд.	-	-	-	-	-	21 (1,7·10 ¹⁴)
ВАО	конд.	-	-	-	-	55 (4,0·10 ¹⁸)	-

Реестр ОЯТ

Площадка	Количество ОТВС	Масса, т.т.м.	Суммарная активность, Бк
АЭС Безнау (в т.ч. ZWIBEZ)	849	275,3	8,0·10 ¹⁸
АЭС Гёсен	482	194,6	8,9·10 ¹⁸
АЭС Лайбштадт	1 805	319,5	1,1·10 ¹⁹
АЭС Мюлеберг	341	57,5	2,3·10 ¹⁸
ZZL	2 388	390,4	4,4·10 ¹⁸

Проекты по созданию пунктов захоронения

Тип захораниваемых отходов	НАО/САО	ОЯТ/ВАО
Тип вмещающих пород	глины	глины
Глубина захоронения, м	400-900	400-900
Возможность повторного извлечения отходов	да	да
Запуск программы НИОКР	1978 г.	2008 г.
Начало работ по поиску площадки		
Текущий статус проекта	НИОКР, направленные на подтверждение пригодности конкретных вмещающих пород	
Планируемая дата ввода в эксплуатацию	2050 г.	2060 г.
Плотность населения в стране (в районе размещения), чел/км ²	189 (Zürcher Nordost– 180; Jura-Ost – 322,9*)	
Право вето у местного населения	нет	
Денежные выплаты муниципалитетам	не разработана	
Программа привлечения местного населения	нет	
Площадка расположена вблизи ядерных объектов	Zürcher Nordost– нет; Jura-Ost – да	

Подземная исследовательская лаборатория

Название	Гримзель	Монт-Терри
Тип ПИЛ	ОН	ОН
Тип пород	гранит	глины
Глубина, м	450	230
Период эксплуатации	с 1984 г.	с 1995 г.

Организационные аспекты

Органы государственного управления в области обращения с ОЯТ и РАО	DETEC — Федеральное министерство охраны окружающей среды, транспорта, энергетики и связи (www.uvek.admin.ch) 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)

* потенциальные регионы для строительства пунктов захоронения



40% энергии в Швейцарии вырабатывается на 5 реакторах (3 блока PWR и 2 блока BWR) суммарной мощностью 3,2 ГВт. В 2003 году Швейцарский Парламент утвердил десятилетний мораторий на экспорт ОЯТ в целях переработки, вступивший в силу в июле 2006 года [1]. До этого операторы могли самостоятельно выбирать между переработкой и захоронением ОЯТ, однако теперь все ОЯТ рассматривается в качестве РАО и подлежит окончательной изоляции в пункте геологического захоронения.

Переработка швейцарского ОЯТ всегда осуществлялась за границей – во Франции и Великобритании. Выделяемые в результате переработки плутоний и уран использовались для изготовления топлива для швейцарских АЭС, а РАО от переработки в полном объеме возвращались в Швейцарию [2].

На национальном уровне политика обращения с ОЯТ до сих пор не определена, хотя согласно требованиям Директивы ЕС (Directive 2011/70/Euratom), все страны обязаны разработать такую политику до конца 2015 года [3].

Швейцарская концепция захоронения радиоактивных отходов предусматривает создание двух пунктов захоронения: одного – для НАО и САО, другого – для ОЯТ и ВАО. Сейчас рассматривается возможность сооружения обеих установок на одной площадке. Ввиду того, что перед захоронением ОЯТ и ВАО подлежат длительному хранению в целях снижения тепловыделения, потребность в их окончательной изоляции может возникнуть лишь спустя несколько десятилетий. На данный момент все РАО хранят в пунктах промежуточного хранения. Кроме того, каждая АЭС обладает установками, способными принять на хранение весь объем эксплуатационных РАО и часть ОЯТ собственных реакторов. Радиоактивные отходы, образующиеся в медицине, промышленности и науке, размещают в федеральном пункте промежуточного хранения BZL. Также в Швейцарии эксплуатируется пункт централизованного промежуточного хранения, принимающий все типы РАО, в том числе ОЯТ и остеклованные ВАО, образовавшиеся в результате переработки ОЯТ. На площадке АЭС Wetzlar действует пункт раздельного хранения ZWIBEZ, в котором размещаются эксплуатационные НАО и ОЯТ (сухое хранение). АЭС Gösgen также располагает дополнительной установкой для хранения НАО и САО, которые образуются в результате проведения запланированных работ по ее выводу из эксплуатации [2].

12.1. Ответственные ведомства

В соответствии с положениями закона «О ядерной энергии», за обращение с ОЯТ и РАО, в том числе за их захоронение, несут ответственность операторы ядерных установок. Они обязаны привести ОЯТ и РАО в состояние, пригодное для их транспортировки, хранения и захоронения, а также осуществлять хранение ОЯТ и РАО в ожидании ввода в эксплуатацию пункта геологического захоронения, а после сооружения такой установки, – за собственный счет осуществить их захоронение. Государство несет ответственность за сбор, кондиционирование, хранение и захоронение РАО, образовавшихся в результате деятельности по использованию радиоизотопов в медицине, промышленности и науке.

Федеральное Правительство отвечает за формирование нормативно-правовой базы в области использования атомной энергии, а также осуществляет контроль и надзор за деятельностью, осуществляемой на АЭС и установках по обращению с РАО (рис. 12.1). Федеральное Правительство в лице Федерального Совета (Бундесрата) занимается выдачей генеральных лицензий на все типы ядерных установок, включая пункты геологического захоронения. При этом генеральная лицензия может быть выдана только в случае предварительного одобрения такого решения Парламентом и положительного исхода национального референдума. Федеральный Совет также выдает разрешения на закрытие ядерных установок. Выдачей лицензий на строительство и эксплуатацию ядерных объектов занимается Министерство охраны окружающей среды, транспорта, энергетики и связи (DETEC).

Федеральное энергетическое управление (SFOE), находящееся в ведении DETEC, организует работу в рамках процедуры получения лицензий, а также занимается подготовкой обоснований для принятия соответствующих решений Министерством и Федеральным Советом. Кроме того, SFOE играет роль координатора в рамках процесса по поиску площадки для размещения пунктов захоронения РАО, а также ответственно за реализацию Секторального Плана по геологическому захоронению РАО в Швейцарии (в том числе занимается вопросами взаимодействия с общественностью).

Операторы АЭС как производители радиоактивных отходов совместно с Федеральным Правительством учредили специальную организацию – Национальное кооперативное общество по захоронению РАО (Nagra), на которое возложена ответственность за разработку концепции захоронения всех категорий РАО и реализацию проектов захоронения.



Федеральная инспекция по ядерной безопасности (ENSI) – это орган регулирования, осуществляющий надзор за ядерными установками и соблюдением требований ядерной и радиационной безопасности на всех этапах их жизненного цикла. За ENSI закреплены три основные функции:

- конкретизация требований безопасности, приведенных в нормативно-правовых актах;
- рассмотрение заявок на получение лицензий;
- надзор за ядерными установками, работами по подготовке РАО к захоронению и транспортировке ядерных материалов с площадок ядерных установок.

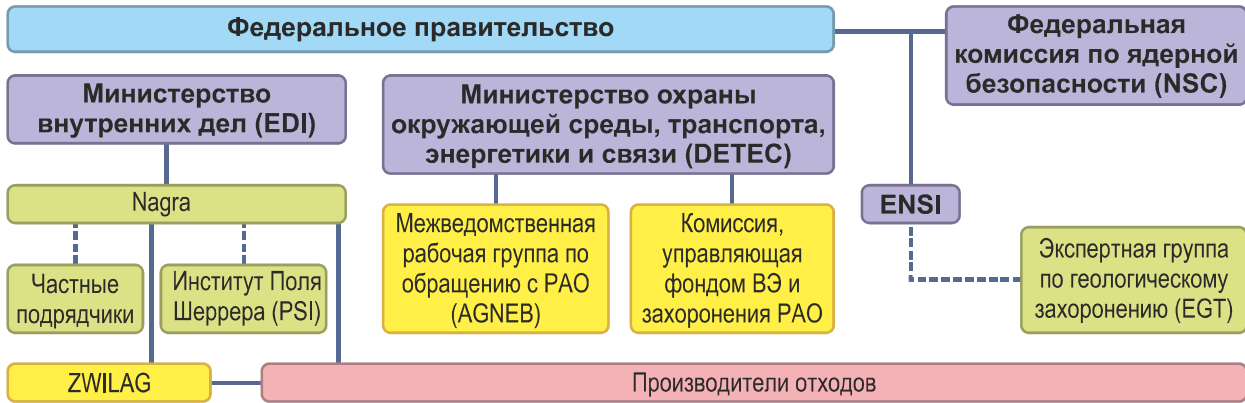


Рис. 12.1. Схема взаимодействия заинтересованных сторон в области обращения с РАО в Швейцарии

Федеральная комиссия по ядерной безопасности (NSC) занимается рассмотрением фундаментальных проблем в области ядерной безопасности и представляет собственные заключения по оценкам безопасности Министерству и Федеральному Совету.

Межведомственная рабочая группа по обращению с РАО (AGNEB) оказывает техническую поддержку при проведении оценок Министерству и Федеральному Совету. В свою очередь Экспертная группа по геологическому захоронению (EGT) предоставляет свои рекомендации ENSI в области геологии и инженерно-технического обеспечения работ.

Еще три ведомства играют важную роль в процессе поиска площадки для строительства пунктов захоронения РАО в Швейцарии: Федеральное управление территориального планирования (ARE), Федеральное управление охраны окружающей среды (FOEN) и Федеральное управление здравоохранения (FOPH).

12.2. Классификация и реестр РАО

Действующая в Швейцарии система классификации РАО в значительной степени отличается от принятой МАГАТЭ и предусматривает разделение отходов на три категории [4]:

- Высокоактивные отходы – это остеклованные продукты деления, образовавшиеся в результате переработки ОЯТ, или ОЯТ, классифицируемое как РАО;
- Альфа-токсичные отходы – это РАО, концентрация альфа-излучателей в которых выше 20 000 Бк/г;
- Низко- и среднеактивные отходы – все остальные РАО.

Низкоактивные и среднеактивные отходы

Согласно принятой в Швейцарии стратегии по обращению с РАО, все НАО и САО подлежат окончательной изоляции в пункте геологического захоронения. По текущим оценкам, будущий пункт захоронения НАО и САО должен вместить порядка 64 000 м³ кондиционированных НАО и САО при условии, что срок службы швейцарских АЭС составит 50 лет. Из них 27 000 м³ – это РАО, которые должны образоваться в результате использования радиоактивных веществ в медицине, промышленности и науке, 7 600 м³ – эксплуатационные отходы АЭС, 29 000 м³ – РАО от вывода из эксплуатации пяти действующих на сегодняшний день реакторных блоков [5]. В сводной таблице к разделу представлен реестр накопленных к концу 2013 года объемов НАО/САО, а также ВАО и альфа-токсичных РАО [4].

ОЯТ, ВАО и долгоживущие САО

Ожидается, что за пятьдесят лет эксплуатации швейцарских реакторов должно образоваться порядка 3 755 т ОЯТ. За границей переработано порядка 1 200 т ОЯТ. В случае если мораторий на



переработку ОЯТ останется в силе, то реестр накопленного ОЯТ будет включать 6 595 топливных сборок, содержащих 1 135 м³ ОЯТ, и около 730 м³ остеклованных ВАО. Также в пункте захоронения ОЯТ и ВАО планируется разместить около 5 000 м³ долгоживущих САО [5].

В сводной таблице к разделу представлены данные по ОЯТ, накопленному к концу 2013 года.

Пункты хранения ОЯТ и РАО

На территории всех швейцарских АЭС имеются установки по обращению с РАО и их кондиционированию, а также хранилища НАО и САО. После выгрузки из реактора ОТВС в течение 5-10 лет хранят на приреакторных площадках, а затем их направляют в пункты централизованного хранения. В Швейцарии имеется 3 пункта централизованного хранения РАО:

- ZZL – пункт централизованного промежуточного хранения, расположенный в коммуне Вюренлинген на севере Швейцарии, оператором которого выступает компания Звилаг. Помимо установки для сухого хранения ВАО и ОЯТ вместимостью 200 транспортно-упаковочных контейнеров на территории ZZL имеется пункт хранения САО вместимостью 4 000 м³, а также хранилище НАО вместимостью 16 500 м³. На площадке ZZL расположены вспомогательные установки, где производится сортировка и дезактивация материалов, а также кондиционирование РАО, в том числе с использованием плазменной установки сжигания. Хранилище ZZL было введено в эксплуатацию в июне 2001 года, а разрешение на эксплуатацию плазменной установки было получено в сентябре 2009 года. Хранилище НАО пока еще не введено в эксплуатацию.
- ZWIBEZ – пункт промежуточного хранения на площадке АЭС Безнау, состоящий из установки для сухого хранения ОЯТ и остеклованных ВАО, рассчитанной на прием 48 транспортно-упаковочных контейнеров, и пункта хранения эксплуатационных НАО вместимостью 6 000 м³. Пункт сухого хранения ОЯТ и ВАО находится в эксплуатации с 2008 года, а хранилище НАО – с 1994 года.
- PSI – Институт Пола Шеррера, на территории которого действует Национальный центр по сбору РАО, образовавшихся в медицине, промышленности и науке, где производится их сортировка и кондиционирование. Также на площадке института расположено федеральное хранилище РАО вместимостью 2 100 м³. В июне 2014 года институт направил на рассмотрение регулятору заявку на сооружение и эксплуатацию нового пункта промежуточного хранения.

12.3. Статус проектов по созданию пунктов захоронения

В Швейцарии вопросами обращения с РАО занимается компания Звилаг, принадлежащая четырем операторам швейцарских АЭС. В апреле 2008 года Федеральный Совет одобрил концепцию глубинного геологического захоронения РАО, тем самым инициировав трехстадийный процесс поиска площадки, по окончании которого через 10 лет будет принято окончательное решение о месте сооружения пункта геологического захоронения. Первый этап данного процесса заключался в формировании списка потенциальных площадок для строительства. Осенью 2008 года этот список был передан на рассмотрение NAGRA [6].

Проект пункта захоронения ОЯТ и ВАО

С 2008 года в качестве кандидатов для строительства пункта захоронения ОЯТ и ВАО рассматривались три региона: Zürcher Nordost, Lägeren и Jura-Ost. Кроме остеклованных ВАО и ОЯТ установку также планируется использовать для захоронения долгоживущих САО (глубина размещения отходов – от 400 до 900 м).

Концепция захоронения

На данный момент разработан предварительный проект пункта захоронения ОЯТ и ВАО, основное внимание в котором уделено следующим основным аспектам:

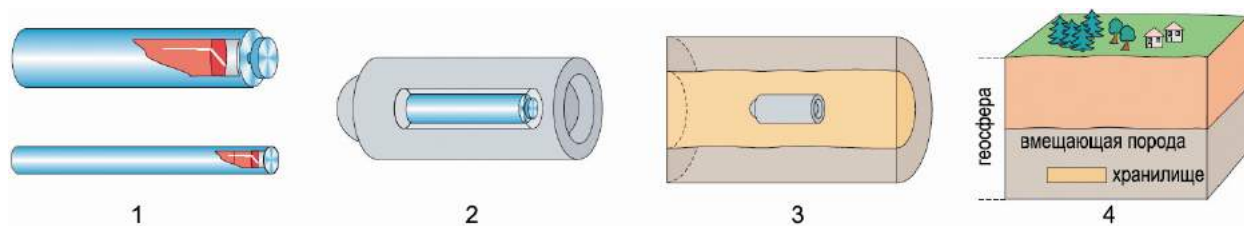
- Использование системы множественных барьеров для пассивного обеспечения безопасности. Такая система включает следующие компоненты: матрицу отходов, массивные канистры с длительным сроком службы, засыпку и закупорку из малопроницаемых материалов, вмещающую формацию, обладающую благоприятными с точки зрения захоронения РАО свойствами (низкая проницаемость, хорошая задерживающая способность и т.п.), геологическую среду, характеризующуюся долгосрочной стабильностью условий. Схема организации системы множественных барьеров безопасности при захоронении ОЯТ и ВАО показана на рис. 12. 2.
- Концепция «долгосрочного мониторинга» предусматривает создание в рамках данного проекта двух установок: главной, в которой будет размещена большая часть ОЯТ и ВАО, и где в полном объеме и в соответствии с проектными сроками будут проведены все работы по закрытию; и



опытной, предназначенной для окончательной изоляции меньшего объема ОЯТ и ВАО, репрезентативного с точки зрения количества и активности отходов, захороненных в первой установке. В опытной установке планируется разместить все оборудование для проведения мониторинга, требующееся для выявления признаков нежелательной эволюции системы захоронения. Кроме того, данная концепция предусматривает возможность повторного извлечения отходов до момента окончательного закрытия пункта захоронения.

- Только проверенные технологии и хорошо изученные материалы должны быть использованы при реализации проекта создания пункта захоронения.

В качестве наиболее приемлемой для строительства пункта захоронения геологической формации были определены опалиновые глины. В целом, объект будет состоять из горизонтальных тоннелей, пробуренных во вмещающих породах, нескольких вспомогательных подземных установок, необходимых для проведения строительных работ, эксплуатации объекта, вентилирования помещений, осуществления контроля и засыпки тоннелей захоронения, а также комплекса наземных установок по обращению с РАО и объектов наземной инфраструктуры (рис. 12.3).



1 — Стеклоподобная матрица в стальной трубе (ВАО); Металлический контейнер с ОЯТ

- удержание радионуклидов в матрице;
- уменьшение интенсивности возможного выхода радионуклидов (низкая скорость коррозии материалов).

2 — Канистра из стали:

- удержание – препятствует контакту с водой и выходу радионуклидов из упаковки с ОЯТ/ВАО в течение нескольких тысяч лет;
- уменьшение интенсивности возможного выхода радионуклидов (продукты коррозии создают восстановительные условия и захватывают радионуклиды)

3 — Засыпка из бентонита:

- удержание (длительное время насыщения и пластичность, обеспечивающая самоуплотнение в случае возникновения физических нарушений);
- уменьшение интенсивности возможного выхода радионуклидов (диффузия, сорбция, низкая растворимость радионуклидов в поровой воде).

4 — Геологические барьеры

Вмещающие породы:

- удержание (механическая стабильность и малая водопроницаемость);
- уменьшение интенсивности выхода радионуклидов (малая интенсивность движения подземных вод, задержка радионуклидов посредством процессов сорбции и коллоидной фильтрации).

Геосфера:

- удержание (физическая защита ИББ);
- уменьшение интенсивности выхода радионуклидов (задержка радионуклидов за счет процессов сорбции, дисперсия)

Рис. 12.2. Система множественных барьеров безопасности пункта захоронения ОЯТ и ВАО

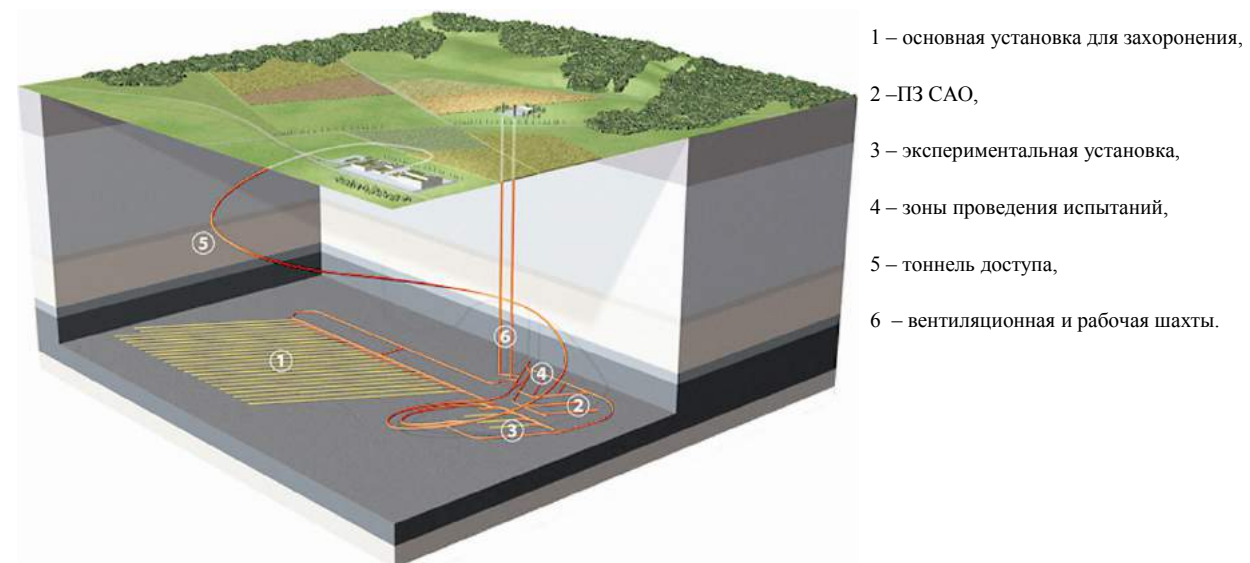


Рис. 12.3. Подземная часть пункта геологического захоронения ОЯТ и ВАО:





Операции по захоронению отходов планируется осуществлять в следующем порядке (рис. 12.4):

- после предварительного контроля транспортный упаковочный комплект, содержащий РАО, направляется на установку по инкапсуляции, где после проверки комплект выгружается из железнодорожного вагона. На следующем этапе РАО выгружают из транспортировочного контейнера и загружают в толстостенные контейнеры захоронения, герметизируемые путем сварки. Выполнение всех работ производится с использованием дистанционного оборудования;
- контейнеры с РАО по одному загружаются в вагоны;
- локомотив осуществляет транспортировку вагона по тоннелю доступа до подземной установки захоронения;
- в расширенной части тоннеля захоронения контейнер погружают на опорный блок из уплотненной глины, лежащий на специальной тележке, предназначенной для доставки РАО в тоннель захоронения;
- в таком виде контейнер вместе с глиняным блоком вталкивается в тоннель, а тележка возвращается обратно под действием гидравлического механизма;
- таким образом, контейнеры проталкивают по одному друг за другом в тоннель захоронения, оставляя между ними небольшой зазор (около 3 м), непрерывно производя работы по засыпке тоннеля бентонитом;
- после окончания работ по размещению отходов в тоннеле вход засыпается и опечатывается;
- по окончании всех работ по захоронению РАО в объекте, все подземные выработки будут засыпаны и загерметизированы.

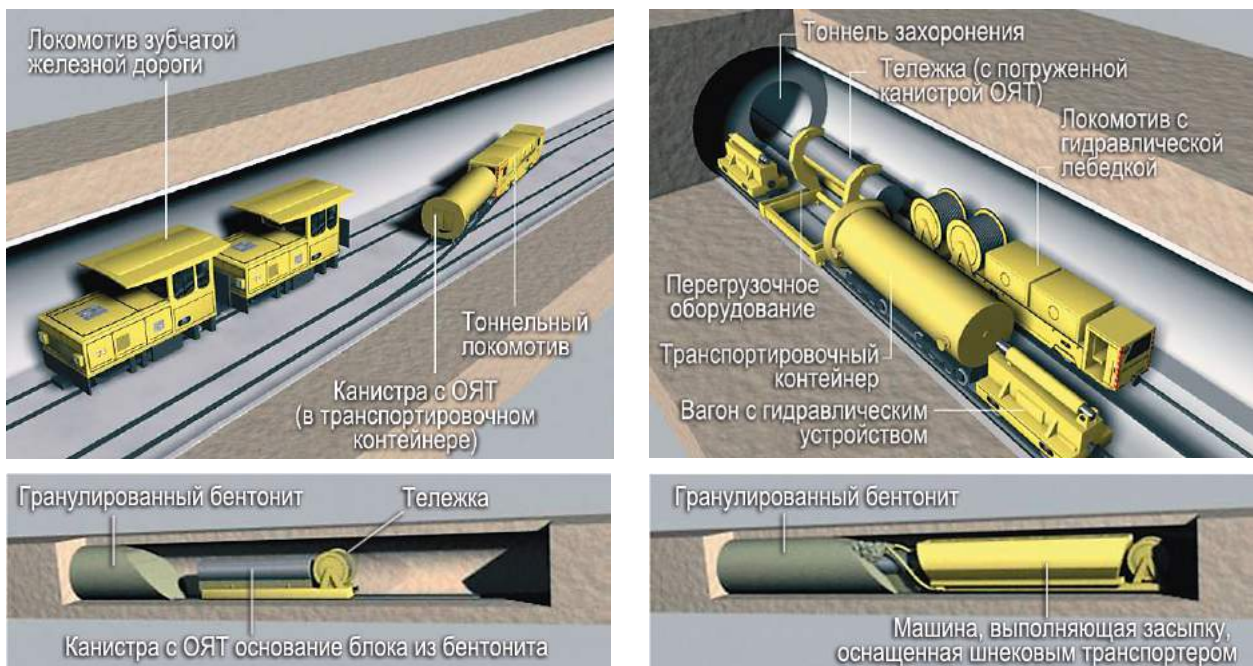


Рис. 12.4. Схема доставки и загрузки контейнеров с РАО в тоннель захоронения

Проект пункта захоронения НАО и САО

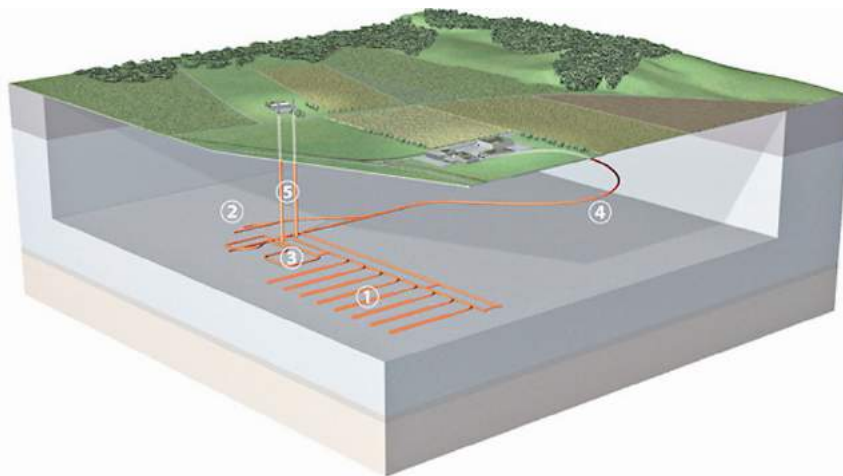
С 2008 года шесть регионов – Südranden (опалиновые глины), Zürcher Nordost (опалиновые глины и глинистый известняк), Lägeren (опалиновые глины и глинистый известняк), Jura-Ost, Jura-Südfuss (опалиновые глины) и Wellenberg (известковистая глина) - рассматривались в качестве потенциальных площадок для строительства пункта захоронения НАО и САО.

Согласно предварительному проекту, пункт захоронения НАО и САО планируется расположить в толще опалиновых глин на глубине 300–400 м. Объект будет состоять из следующих основных элементов (рис. 12.5):

- поверхностные сооружения (надшахтное здание, приемочное отделение);
- наклонный спуск (рампа), главная шахта, центральный тоннель и семь тоннелей захоронения;
- установка опытного захоронения и зона проведения НИОКР;
- комплекс из семи тоннелей для захоронения НАО и САО протяженностью 200 м, расположенных на расстоянии 80 м друг от друга, в которых будет окончательно изолировано около



100 000 м³ упаковок с отходами. Каждый тоннель захоронения соединен с центральным при помощи вспомогательного, расширяющегося к концу. Это позволит разместить во вспомогательном тоннеле все необходимое оборудование для проведения работ по перегрузке и захоронению упаковок с отходами.



- 1- основная установка для захоронения НАО/САО,
- 2- экспериментальная установка,
- 3 – зоны проведения испытаний,
- 4 – тоннели доступа,
- 5 – вентиляционная и рабочая шахты

Рис. 12.5. Пункт геологического захоронения НАО и САО:

НАО и САО, образующиеся в результате эксплуатации и вывода из эксплуатации АЭС, а также использования ядерных материалов в медицине, промышленности и науке, могут находиться в разных формах (металлы, органические и неорганические материалы). Перед захоронением их подвергают обработке и кондиционированию – помещают в стальные бочки или специальные упаковки, изготовленные из асбестоцемента, и смешивают с материалами на основе цемента или битумом.

При поступлении на площадку пункта захоронения бочки с РАО помещают в специализированные контейнеры, изготовленные из армированного бетона, а свободное пространство между бочками заливают цементным раствором (рис. 12.6). В таком виде РАО транспортируют в тоннель захоронения. Здесь контейнеры разместят в несколько ярусов, как показано на рис. 12.7.



Рис. 12.6. Модель контейнера для захоронения НАО и САО



Швейцария

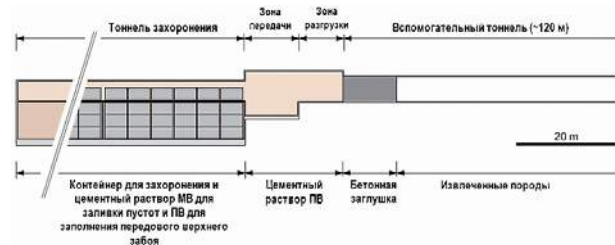
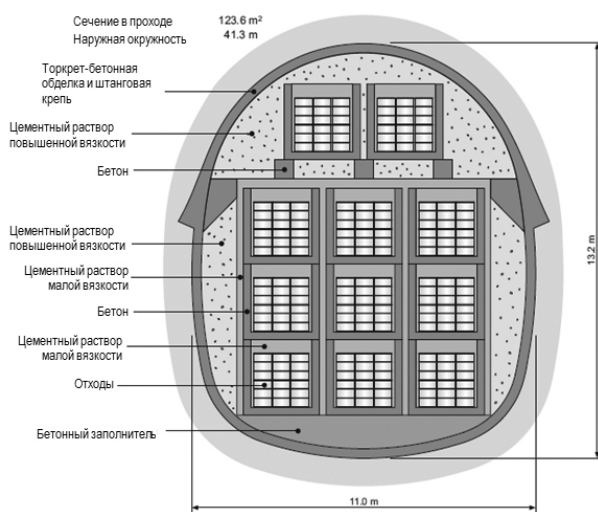


Рис. 12.7. Поперечный разрез тоннеля захоронения (слева) и продольный разрез тоннеля захоронения и вспомогательного тоннеля (справа)



Сразу после завершения операций по захоронению РАО в одной из секций тоннеля захоронения все пустоты между контейнерами и облицовкой тоннеля заполняют цементным раствором. После заполнения всех секций одного тоннеля и засыпки передового верхнего забоя производится заливка вспомогательного тоннеля цементным раствором, а вход в тоннель захоронения герметизируется с помощью бетонного блока. После завершения этапа эксплуатации центральный тоннель и тоннель доступа также подлежат засыпке. Для этих целей планируется использовать извлеченные ранее породы (опалиновую глину).

Выбор площадки

Впервые процесс выбора площадки для строительства пункта захоронения НАО и САО в Швейцарии был инициирован еще в 1978 году. К 1993 году, после того как первоначальный список муниципалитетов-кандидатов для сооружения пункта глубинного захоронения был сокращен со 100 до 3 площадок, была определена наиболее пригодная по своим геологическим характеристикам площадка – Велленберг [6]. В 1994 году коммуна Вольфеншиссен проголосовала за проведение обсуждения проекта с кооперативным обществом Велленберга по обращению с РАО (GNW), ответственным за строительство и эксплуатацию объекта.

Хотя вопросы, связанные с атомной энергетикой, в Швейцарии решаются на правительственном уровне, местное население, согласно швейцарскому законодательству, на тот момент обладало правом вето. В 1995 году состоялся референдум, на котором 52% населения кантона проголосовало против строительства установки в этой местности. Анализ результатов голосования показал, что такое решение было принято, скорее, не потому, что под сомнение ставилось обеспечение безопасности при реализации проекта, а то, что сама концепция геологического захоронения, процесс выбора площадки и взаимодействия с общественностью нуждался в существенных доработках. Об этом свидетельствуют и результаты исследования, проведенного GNW: итоги голосования в целом можно объяснить двумя основными причинами. Во-первых, в заявке, направленной на рассмотрение регулятору, лицензия запрашивалась одновременно и на сооружение разведочной скважины, и на строительство самого пункта захоронения. Результаты опроса общественного мнения показали, что если бы на референдуме ставился вопрос лишь о сооружении разведочной скважины, около 65,5% местных жителей проголосовало бы «за». Во-вторых, масштабные информационные кампании, проведенные экологическими организациями, в том числе и «Гринпис», повлияли на формирование негативного представления жителей Вольфеншиссена о концепции захоронения РАО. Таким образом, эксперты GNW пришли к выводу, что процесс поиска площадки для строительства пункта захоронения необходимо реализовывать поэтапно. Кроме того, особое внимание следует уделить вопросу обеспечения возможности повторного извлечения отходов, так как этот аспект вызывает беспокойство у местного населения. Так, результаты опроса показали, что 61% жителей изменил бы свое решение и проголосовал «за» в том случае, если в рамках проекта захоронения была бы обеспечена возможность повторного извлечения отходов.

В середине 90-х годов поиск площадки возобновился. На этот раз Nagra стремилось найти место для размещения сразу двух пунктов геологического захоронения, предусмотренных в рамках отраслевого плана, – одного для НАО и САО и другого – для ВАО и ОЯТ. При этом основной упор в реализации программы по поиску площадки делался на проведение региональных консультаций по всей стране, причем на этот раз кантоны были лишены права вето, хотя формально продолжали участвовать в процессе принятия решений.

Проблема привлечения общественности к участию в процессе принятия решений по программе захоронения РАО и достижения общественного одобрения таких проектов оставалась крайне актуальной. Поэтому в 1998 году была создана специальная рабочая группа, в состав которой вошли представители федеральных, региональных и местных органов власти и других заинтересованных сторон (например, «Гринпис»). Ее задача состояла в согласовании единой стратегии обращения с РАО. Однако в 1998 году консенсуса так и не удалось достичь, что заставило Правительство создать еще одну экспертную группу (ERKA) для сравнения различных концепций обращения с РАО. Отчет по результатам работы экспертной группы был опубликован в феврале 2000 года и содержал шесть ключевых решений:

- геологическое захоронение является единственным способом обеспечения безопасности РАО в долгосрочной перспективе;
- учитывая мнение общественности, в рамках концепции захоронения необходимо предусмотреть возможность повторного извлечения отходов;



- требование к повторному извлечению отходов следует закрепить законодательно;
- на основании анализа безопасности необходимо определить сроки осуществления мониторинга и окончательного закрытия пункта захоронения;
- по критериям безопасности Велленберг подходит для сооружения пункта геологического захоронения, в данной местности необходимо провести бурение разведочной скважины;
- опалиновые глины по своим характеристикам подходят для сооружения пункта геологического захоронения.

Под руководством Федерального энергетического управления Швейцарии (SFOE) была разработана специальная программа по поиску площадок для строительства пунктов глубинного геологического захоронения РАО. В 2007 году по этому вопросу были проведены общественные слушания, участие в которых приняли не только швейцарские эксперты, но специалисты из сопредельных государств. В апреле 2008 года после внесения некоторых изменений, программа была утверждена Федеральным советом, а в ноябре того же года началась ее реализация. Согласно утвержденной программе, на первом этапе было решено составить перечень регионов, потенциально пригодных для сооружения пункта захоронения ВАО и пункта захоронения НАО/САО по геологическим характеристикам. Сделать этот предполагалось на основании критериев безопасности, прописанных в концепции выбора площадки. На втором этапе количество потенциальных регионов должно сократиться до двух для каждого типа пункта захоронения. На этот раз решение следует принимать с учетом результатов предварительных оценок безопасности и сопоставления площадок по различным критериям, связанным с обеспечением безопасности захоронения. На этом этапе также производится анализ социально-экономических факторов и инициируется региональная кампания по привлечению общественности к процессу принятия решений, задача которой состоит в том, чтобы интересы, потребности и ценности местного населения были учтены при принятии решений по вопросу о месте строительства установки и планировании промышленной площадки. На третьем этапе на площадках, отобранных в ходе предыдущего этапа, проводят детальные исследования, по результатам которых в итоге выберут две (одну – для захоронения НАО/САО, другую – для захоронения ОЯТ/ВАО), затем на рассмотрение регулятору направят заявку на получение генеральной лицензии. На каждом этапе предусмотрено проведение общественных консультаций с привлечением как можно большего числа представителей заинтересованных сторон как из самой Швейцарии, так и из сопредельных государств. Окончательное решение об утверждении площадки примет Федеральный совет.

В период с 2008 по 2011 год на первом этапе поиска площадки был выявлен целый ряд регионов, потенциально пригодных для строительства пунктов геологического захоронения. Nagra предложило три региона-кандидата для строительства пункта глубинного геологического захоронения ВАО/ОЯТ и еще шесть – для размещения пункта глубинного захоронения НАО и САО. Регулятор рассмотрел представленную документацию и утвердил площадки для проведения дальнейших исследований. Федеральная комиссия по ядерной безопасности также одобрила данные площадки, после чего в 2010 году состоялись общественные слушания, а 1 декабря 2011 года первый этап процедуры поиска площадок был завершен принятием соответствующей резолюции Федеральным советом. В рамках второго этапа регулятор утвердил требования к проведению предварительной экспертизы безопасности и технической оценки рисков, обуславливаемых наличием подземных конструкций пункта захоронения, а также перечень соответствующих критериев безопасности. Кроме того, были представлены рекомендации по оценке дополнительных геологических данных.

В качестве обязательного условия для перехода ко второму этапу процесса выбора площадки разработчик проекта должен был оценить объем геологических данных, необходимый для сопоставления различных площадок по критериям безопасности, и определить, какие еще геологические исследования следует провести в дальнейшем. Соответствующий отчет был направлен на рассмотрение органам регулирования (ENSI, NSC) в 2010 году, а в 2011 году был составлен перечень дополнительных геологических исследований, включавших, например, проведение двухмерной сейсморазведки (2011–2012 гг.). Также в ходе второго этапа для каждой потенциальной площадки были определены участки для размещения наземных установок пунктов захоронения. В 2013 и 2014 годах были проведены региональные слушания с участием от 50 до 150 представителей местных коммун, политических партий, общественных организаций, местных жителей, а также делегатов из Южной Германии. Обсуждения помогли Nagra разработать проекты планировки площадок, а также составить перечни проектов и мероприятий, способствующих обеспечению устойчивого развития каждого региона-кандидата.



Ключевым аспектом второго этапа стало, прежде всего, участие регионов. С начала 2012 года на общественных слушаниях во всех шести регионах обсуждались вопросы размещения наземных установок пунктов захоронения. В качестве основы для проведения обсуждений в январе 2012 года NAGRA выдвинуло свои предложения по поводу размещения поверхностных сооружений в каждом регионе.

Второй этап завершился в конце января 2015 года. В итоге были выбраны две площадки: Zürcher Weinland и Jura Ost. В этих регионах в ближайшем будущем будут проведены дальнейшие исследования возможности сооружения установок обоих типов – пункта захоронения НАО/САО и объекта окончательной изоляции ВАО/ОЯТ.

Принятие решений местными органами власти

Местные органы власти представляют региональные интересы, хотя и не уполномочены принимать решения. На первом этапе они совместно с Федеральным энергетическим управлением Швейцарии (SROE) отвечали за организацию региональных собраний, участие в которых принимали делегированные представители коммун, инициативных групп и политических партий.

Задачей первого этапа стало привлечение к участию в данном процессе региональных кантонов и местных коммун. Одним из механизмов стала организация общественных слушаний. В 2008 году была создана кантональная комиссия, призванная обеспечить взаимодействие органов центрального Правительства, кантонов, на территории которых предполагается разместить пункты захоронения, а также кантонов и провинций, расположенных по соседству.

Роль Правительства

В феврале 2005 года в силу вступили новый закон и указ об атомной энергетике, закрепившие за Правительством полномочия по принятию окончательного решения по вопросу создания пунктов захоронения РАО. Отныне для оформления лицензий согласия кантонов больше не требуется. Подача заявления на генеральную лицензию состоится после определения наиболее приоритетных площадок для строительства пунктов захоронения. Кроме того, для завершения процесса выбора площадки генеральная лицензия должна быть одобрена Парламентом, а в случае проведения национального референдума также понадобится заручиться большинством голосов населения страны.

Выгоды для местного населения от реализации проекта

Швейцарское законодательство не предусматривает предоставление компенсаций местным жителям. Однако, основываясь как на собственном, так и на зарубежном опыте, вероятно, что регионы, в которых будут построены пункты захоронения, получают некоторые финансовые выгоды. Согласно отраслевому плану, процесс принятия решений о предоставлении финансового обеспечения должен быть прозрачным и реализовываться согласованно с самим планом.

В ходе третьего этапа процесса выбора площадки представители местных жителей выбранного региона предложат собственные проекты регионального развития и изложат свое мнение по поводу предоставления компенсаций в случае возникновения любых разночтений между планами по сооружению установок и планами регионального развития.

Кроме того, теоретически предусмотрены компенсации для смягчения любых негативных последствий, связанных с проектированием, сооружением или эксплуатацией пунктов захоронения. Выбранному для сооружения объекта региону будет предоставлена компенсация за услуги, оказанные им для решения вопроса государственного значения. Механизмы выплаты компенсаций, утверждаемые федеральным энергетическим управлением Швейцарии и осуществляемые за счет производителей отходов, будут разработаны в сотрудничестве с регионами и кантонами, выбранными для строительства пунктов захоронения [6].

Основные этапы реализации проекта по созданию пункта геологического захоронения в Швейцарии

На рис. 12.8 представлены основные этапы реализации швейцарского проекта по созданию пунктов захоронения.

12.4. Подземные исследовательские лаборатории

В Швейцарии действуют две подземные лаборатории. У NAGRA есть собственная лаборатория – испытательная площадка Гримзель в кантоне Берн, сооруженная на глубине 450 м во вмещающих породах из гранита, вторая лаборатория – Монт-Терри в кантоне Юра – государственная лаборатория, находящаяся в ведении федерального управления топографии, размещенная на глубине 250–320 м в глинистых формациях.

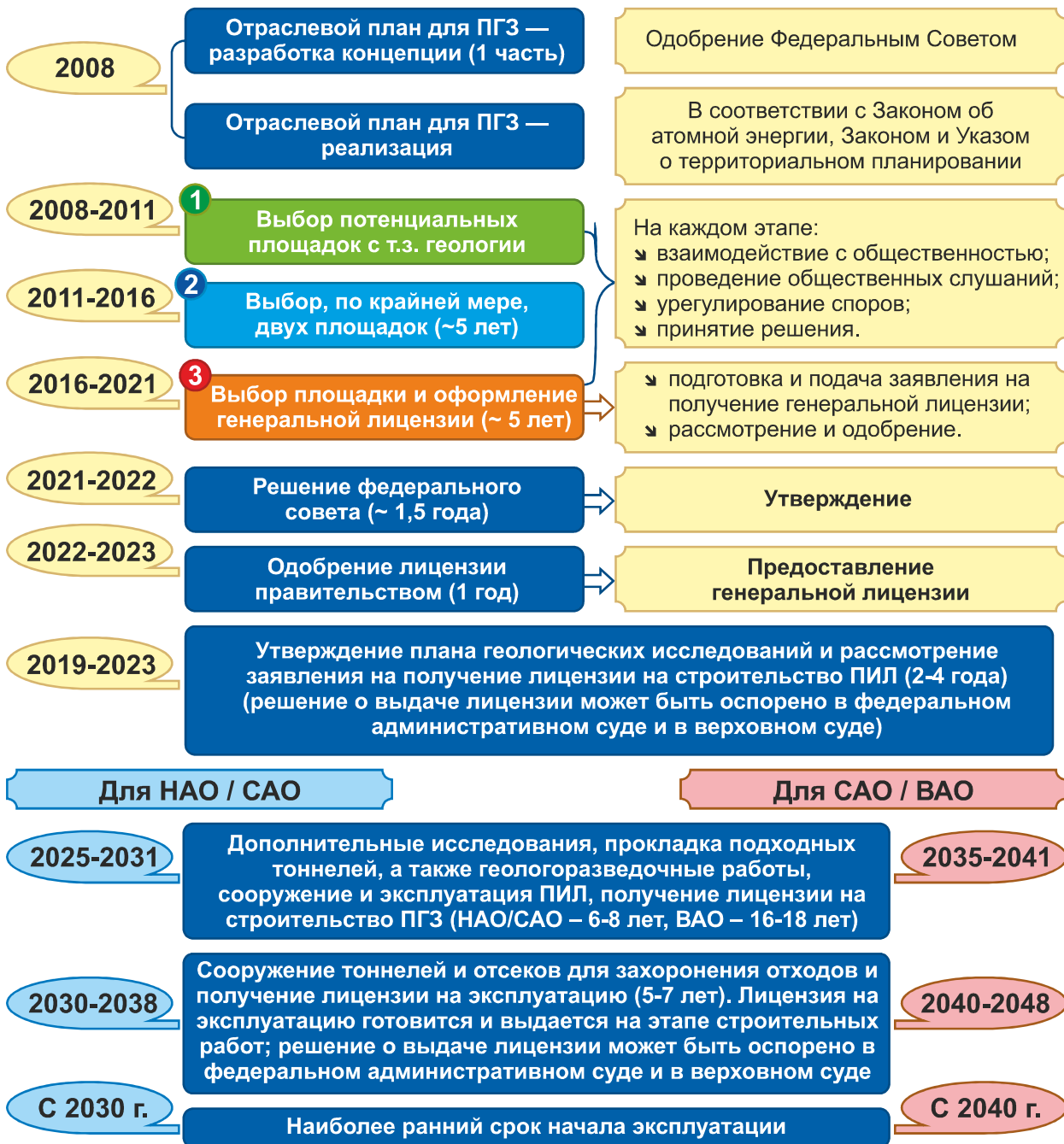


Рис. 12.8. Этапы реализации проектов по созданию пунктов геологического захоронения в Швейцарии

ПИЛ Гримзель (Grimsel Test Site)

Опытная площадка Гримзель (рис. 12.9) расположена на 1 730 м выше уровня моря в кристаллических породах Центрального массива Аар в кантоне Берн. Главный тоннель ПИЛ протяженностью более 1 км был сооружен в 1983–1984 гг. с использованием специальной буровой машины для проходки (диаметр сечения 3,5 м). Эскавация остальных камер ПИЛ была произведена буровзрывным способом. Исследования в ПИЛ Гримзель проводятся с 1983 года. В целом, все реализуемые здесь научно-исследовательские проекты можно разделить на несколько групп:

- 1983–1986 гг. – исследования площадки;
- 1984–1986 гг. – геофизические исследования (этап 1);
- 1994–1996 гг. – геофизические исследования (этап 2);
- 1986–2004 гг. – исследование процессов удержания радионуклидов;
- 1990–1993 гг. – исследования дальней зоны;
- 1994–1996 гг. – исследования ближней зоны;
- 1995–2004 гг. – масштабные демонстрационные эксперименты;



- 1997–2004 гг. – тестирование и верификация моделей;
- 1997–2003 гг. – совершенствование методов характеристики площадки;
- 2003–2013 гг. – исследования в рамках проекта «Фаза б», направленных на анализ предлагаемых концепций и технологий захоронения РАО в условиях, максимально приближенных к реальным (например, CFM (образование коллоидов и их перенос), FEBEXe (полномасштабное испытание инженерных барьеров безопасности), FEBES-DP (проект по демонтажу ИББ), LCS (долгосрочные исследования цемента) и т.п.).

На данный момент в ПИЛ Гримзель проводятся сложные эксперименты, рассчитанные на длительный период и нацеленные на демонстрацию показателей работоспособности системы глубинного геологического захоронения РАО. Всего можно выделить три основных направления НИОКР:

1. Проекты по определению функциональной значимости геологических барьеров, включающие исследования основных процессов, протекающих в геосфере. Примерами таких проектов являются:

- проект GAM (Gas Migration in Shear Zones) по изучению процессов газовой миграции в зонах брекчирования;
- HPF (Hyperalkaline Plume in Fractured Rock, 1997–2003 гг.) и CRR (Colloid and Radionuclide Retardation, 1997–2002 гг.) – изучение свойств вмещающих пород, отвечающих за задержку радионуклидов (с учетом наличия высоко-щелочных цементных растворов, формирования коллоидов в переходной зоне между ИББ и ЕББ), с использованием радионуклидных маркеров;

2. Проекты, демонстрирующие концепции захоронения в реалистичных условиях, например, крупномасштабные проекты FEBEX – «Полномасштабное тестирование инженерных барьеров» (Full-scale Engineered Barrier Experiment, 2005–2016 гг.) и GMT – «Эксперимент по моделированию миграции газа в ИББ и геосфере» (Gas Migration Test in the EBS and Geosphere, 1997–2004 гг.), позволяют проанализировать характер взаимодействия между радиоактивными отходами, вмещающими породами и инженерными барьерами безопасности, а также оптимизировать сами концепции захоронения (например, методы доставки и размещения отходов). Неотъемлемой частью таких проектов также является тестирование и дальнейшее совершенствование средств измерения. Например, в рамках проекта GMT в реальных условиях были изучены возможности оптоволоконных сенсоров;

3. Проекты по характеристике площадки. Например, в рамках проекта EFP (Effective Parameters, 1998–2002 гг.) производится разработка и совершенствование технологий характеристики зон трещиноватых пород репрезентативного объема.

Участие в исследованиях, проводимых в ПИЛ Гримзель, принимают специалисты из многих стран, в том числе такие организации и исследовательские институты как: BMWi и FZK/INE (Германия), Enresa (Испания), JNC и CRIEPI* (Япония), US-DOE/CAO и SNL** (США), Andra (Франция), SKB (Швеция), KAERI*** (Республика Корея), Posiva (Финляндия) и многие другие.

ПИЛ Монт-Терри

ПИЛ Монт-Терри расположена на северо-западе Швейцарии в кантоне Юра. Исследования проводятся на глубине около 300 м в опалиновых глинах, рассматриваемых в качестве потенциальных вмещающих пород для строительства пункта захоронения РАО. Общая протяженность галерей составляет порядка 600 м. Оператор площадки Монт-Терри - Федеральное управление топографии Швейцарии – несет ответственность, в том числе и финансовую, за техническое обслуживание ПИЛ и обеспечение безопасности. Финансирование НИОКР, проводимых в Монт-Терри, осуществляется за счет 14-ти официальных партнеров: ANDRA, IRSN (Франция), BGR, GRS (Германия), DOE (США), ENRESA (Испания), ENSI, NAGRA (Швейцария), NWMO (Канада), JAЕА, Obayashi (Япония), SCK•CEN (Бельгия).

Эксплуатационные работы по прокладке автодорожного тоннеля в этой местности начались в 1989 году. Эти работы были совмещены с детальными геологическими и гидрогеологическими исследованиями, проводимыми SNHGS (Национальным управлением гидрологии и геологии) и Nagra. Полученные результаты свидетельствовали о высоком уровне водонепроницаемости и стабильности опалиновых глин. Таким образом, было доказано, что подобные породы можно рассматривать в качестве потенциальных формаций для строительства пункта геологического захо-

* Центральный исследовательский институт атомно-энергетической промышленности (Япония)

** Сандийские национальные лаборатории (США)

*** Корейский институт атомно-энергетических исследований





ронения РАО. Осенью 1994 года главный геолог Nagra Марк Тари предложил запустить в Монт-Терри международный исследовательский проект, участие в котором на равноправной основе смогли бы принять организации из разных стран мира. В феврале 1995 года местный совет кантона Юра санкционировал сооружение дополнительных скважин и проведение исследований. Зимой 1996 года на площадке было инициировано проведение первых 13-ти экспериментов, участие в которых приняли 5 организаций: SNHGS, NAGRA (Швейцария), ANDRA (Франция), PNC (Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation, Япония) и SCK•CEN (Бельгия). Начиная с 1996 года, в Монт-Терри было проведено около 130 различных экспериментов по трем основным направлениям:

- Разработка методологий. Поскольку глины практически не пропускают воду, для оценки полученных в ходе измерений данных были разработаны специальные гидрогеологические методы исследований и программы. Примерами таких измерений являются замеры давления поровой воды, определение коэффициентов фильтрации и отбор образцов воды. Кроме того, для успешной реализации программ захоронения необходимо совершенствование технологий бурения глинистых пород и извлечения бурового керна, так как применяемые на сегодняшний день методы бурения кристаллических пород для исследования распределения полей напряжений как внутри вмещающих пород, так и вокруг тоннеля, имеют лишь ограниченное применение в случае проведения аналогичных работ в глинистых формациях.
- Характеризация опалиновых глин. Способность опалиновых глин изолировать РАО определяется их физическими и химическими свойствами. Поэтому основной интерес при изучении данного вида пород состоит в анализе их проницаемости, способности к самоуплотнению, а также радионуклидов. Так, под воздействием влаги глина разбухает и формации, нарушенные проведением экскавационных работ и содержащие открытые трещины, запечатываются.
- Демонстрационные эксперименты, имитирующие процесс доставки и размещения контейнеров с отходами внутри пункта захоронения, направленные на демонстрацию технической осуществимости геологического захоронения РАО.

Литература к главе 12

1. World Nuclear Association, Storage and Disposal Options, Radioactive Waste Management Appendix 2 (Updated August 2013).
2. OECD/NEA, Radioactive Waste Management Programmes in OECD/NEA Member Countries, Switzerland, Report, Organization for Economic Cooperation and Development/Nuclear Energy Agency 2011.
3. World Nuclear Association, National Policies Radioactive Waste Management - Appendix 3 (updated April 2013).
4. 5th National Report of Switzerland in accordance with the Article of the Joint Convention on the Safety of Spent Fuel Management and on the Safety of Radioactive Waste Management, Final Report October 2014.
5. OECD/NEA, Radioactive Waste Management Programmes in OECD/NEA Member Countries, Switzerland, Profile, Organization for Economic Cooperation and Development/Nuclear Energy Agency 2011.
6. Geological disposal: overview of international siting processes, Nuclear Decommissioning Authority, UK, September 2013.
7. The management of radioactive waste: A description of ten countries, Rolf Lidskog & Ann-Catrin Andersson, Svensk Kärnbränslehantering AB (SKB) .
8. Rock Laboratories, Bulletin 34, Technical-scientific contributions on the topic of nuclear waste management, Nagra, 2002.



13. Швеция

Стратегия обращения с ОЯТ

Прямое захоронение ОЯТ без предварительной переработки

Реестр РАО и ОЯТ*

ОЯТ	20 000 м ³ (12 600 тонн)
Долгоживущие НАО и САО	15 000 м ³
Короткоживущие НАО и САО	155 000 м ³

Проект по созданию пункта захоронения

Тип захораниваемых отходов	ОЯТ
Тип вмещающих пород	гранит
Глубина захоронения, м	500
Возможность повторного извлечения отходов	да
Запуск программы НИОКР	1975 г.
Начало работ по поиску площадки	1991 г.
Текущий статус проекта	регулятор завершил рассмотрение заявки, окончательное решение за Правительством
Планируемая дата ввода в эксплуатацию	2019 г.
Плотность населения в стране (в районе размещения), чел/км ²	20,6 (6,1)
Право вето у местного населения	да
Денежные выплаты муниципалитетам	да
Программа привлечения местного населения	разработана, реализуется в рамках процедуры ОВОС
Площадка расположена вблизи ядерных объектов	да

Подземная исследовательская лаборатория

Название	Aspo	Stripa
Тип ПИЛ	ОН	ОН
Тип пород	гранит	гранит
Глубина, м	450	410
Период эксплуатации	с 1995 г.	1976-1992 гг.

Организационные аспекты

Органы государственного управления в области обращения с ОЯТ и РАО	SKB — (негосударственная компания) под надзором Министерства окружающей среды во главе и Национального совета по ядерным отходам Швеции (www.skb.se , www.karnavfallsradet.se)
Организация, ответственная за реализацию проекта по захоронению ОЯТ и РАО (разработка проекта, НИОКР, лицензирование, строительство, эксплуатация)	SKB — Шведская компания по обращению с ОЯТ и РАО (www.skb.se)
Основные регулирующие органы	
Органы государственного регулирования безопасности в области атомной энергии	SSM — Шведское управление по ядерной безопасности (www.stralsakerhetsmyndigheten.se)
	Суд по вопросам землепользования и охраны окружающей среды (www.domstol.se)

* Прогнозные объемы накопления ОЯТ и РАО за все время осуществления шведской ядерно-энергетической программы с учетом 60-летнего срока службы всех реакторных блоков за исключением двух блоков АЭС Рингхальс (срок эксплуатации – 50 лет)



В Швеции эксплуатируются 10 реакторных блоков, объем выработки электроэнергии на которых в 2013 году составил порядка 65,8 ТВт. В целом на АЭС производится около 48% всей энергии, вырабатываемой в стране. В течение последних 30 лет Швеция проводила политику постепенного отказа от использования атомной энергии. Однако в 2010 году Парламент страны принял решение, санкционировавшее строительство новых реакторных блоков на площадке АЭС Рингхальс, а в 2012 году заявка на сооружение двух реакторных блоков была направлена на рассмотрение Шведскому управлению радиационной безопасности. Между тем подробный план реализации данной программы до сих пор не утвержден. Кроме того, регулятор решил отложить рассмотрение заявки до вступления в силу новых нормативных требований, которые, как ожидается, будут приняты не ранее 2015 года [1, 2].

В 2013 году было заявлено, что в последующие 5 лет на АЭС Форсмак и Рингхальс будут проведены работы по модернизации общей стоимостью 1,87 млрд €. Тем временем операторы продолжают исследовать возможности продления сроков эксплуатации трех блоков АЭС Форсмак, а также блоков 3 и 4 АЭС Рингхальс до 60 лет [1,2].

Государственная политика Швеции предусматривает окончательную изоляцию ОЯТ в кристаллических породах. После выгрузки из реакторов ОЯТ в течение около 1 года хранят на приреакторных площадках, а затем направляют на установку централизованного хранения СЛАВ. По прошествии пятидесяти лет ОЯТ планируется поместить в медные канистры и направить в пункт глубинного геологического захоронения, площадка для сооружения которого уже определена. В 2011 году компания SKB подала заявку на получение лицензии на строительство пункта захоронения в Эстхаммаре. Ожидается, что окончательное решение по вопросу сооружения установки будет принято в 2019 году, после чего на площадке начнутся строительные работы [3].

Долгоживущие НАО и САО планируется разместить в пункте геологического захоронения на глубине около 300 м, который SKB собирается ввести в эксплуатацию лишь к середине 2040-х годов [4]. На данный момент короткоживущие НАО и САО размещают в специальном пункте захоронения короткоживущих РАО – SFR, а ОНАО либо вывозят на специализированные полигоны (таких полигонов в Швеции четыре), либо освобождают от регулирующего контроля и отправляют на полигоны для нерадиоактивных отходов. Процедура освобождения от регулирующего контроля является важным элементом системы обращения с РАО в Швеции. Так, в 2004 году из-под регулирующего контроля было выведено около 600 тонн отходов, которые впоследствии были захоронены на муниципальных полигонах, и еще около 500 тонн металлолома активностью менее 500 Бк/г было направлено на переработку [4].

13.1. Ответственные ведомства

На рис. 13.1 представлена организационная структура, описывающая взаимоотношения между различными сторонами процесса обращения с РАО в Швеции:

- Правительство принимает решения о выдаче лицензий на ядерные установки, размере отчислений, производимых операторами ядерных установок в Фонд РАО, и необходимом объеме предоставления финансовых гарантий лицензиатами.
- Министерство окружающей среды отвечает за издание законов, регулирующих вопросы обращения с ОЯТ и РАО.
- Как и в других странах, Правительство Швеции отвечает за формирование государственной политики в области обращения с радиоактивными отходами. На практике основная ответственность за обращение с РАО возложена на владельцев и операторов АЭС, которые, в свою очередь, учредили совместную компанию по обращению с РАО и ОЯТ – SKB. Кроме того, операторы АЭС отвечают за проведение НИОКР и обязаны раз в три года представлять обновленную программу НИОКР на рассмотрение регулирующим органам, Национальному совету по ядерным отходам и Правительственному научно-консультативному совету. Процедура рассмотрения программ НИОКР также включает проведение общественных слушаний. Каждая программа должна получить одобрение Правительства, без которого дальнейшая эксплуатация АЭС невозможна.
- Компания SKB была учреждена операторами шведских АЭС в 1970 году в целях оказания им содействия в транспортировке РАО, обращении с ОЯТ и РАО и их хранении за пределами реакторных площадок. Кроме того, SKB несет ответственность за разработку проектов и строительство установок для обращения с ОЯТ и РАО, а также за реализацию сопутствующих программ НИОКР.



- SSM – это орган регулирования в области обеспечения ядерной безопасности и защиты человека и окружающей среды от неблагоприятного воздействия ионизирующего и неионизирующего излучения. По поручению Правительства, SSM занимается рассмотрением заявки на получение лицензии на сооружение пункта захоронения ОЯТ в соответствии с положениями закона «О ядерной деятельности».
- Шведский национальный совет по ядерным отходам – это независимый научный комитет, миссия которого заключается в предоставлении рекомендаций Правительству в области обращения с РАО и вывода из эксплуатации ядерных установок.
- Шведский фонд РАО – это государственный орган, чья основная задача заключается в управлении средствами, собранными с операторов АЭС и предназначенными для покрытия затрат на реализацию проектов захоронения.

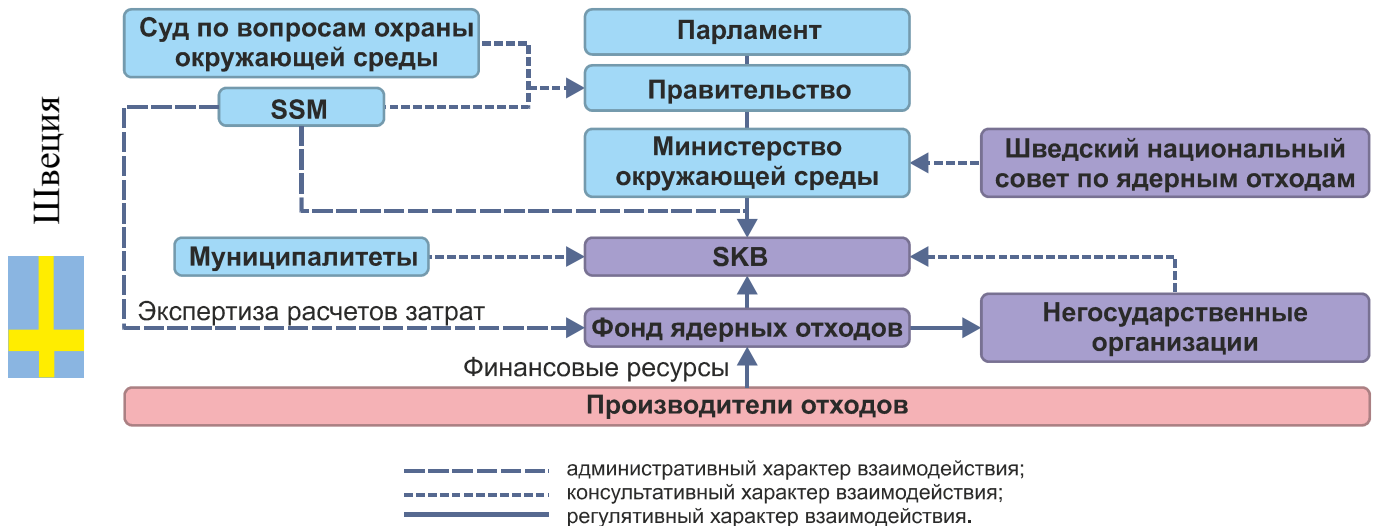


Рис. 13.1. Взаимодействие заинтересованных сторон в рамках программы по созданию пункта геологического захоронения ОЯТ в Швеции

13.2. Классификация и реестр РАО

В Швеции не существует официально утвержденной системы классификации РАО, вместо этого установлены критерии приемлемости отходов для различных способов их окончательной изоляции (рис. 13.2) [5].



Рис. 13.2. Критерии приемлемости РАО от эксплуатации и вывода из эксплуатации ядерных установок

Согласно Закону о ядерной деятельности (1984:3), «ядерные отходы» – это:

- ОЯТ, помещенное в пункт захоронения*;
- радиоактивный материал, произведенный на ядерной установке, не являющейся установкой, используемой в научных, медицинских, сельскохозяйственных или промышленных целях;

* Таким образом, ОЯТ, находящееся вне пункта захоронения, формально РАО не признается, но по сути им является (см. раздел 13.3 «Выбор площадки»)



- материал или какой-либо другой элемент ядерной установки, подвергшийся радиоактивному загрязнению, который больше не используется в этой установке;
- радиоактивно загрязненные элементы выводимой из эксплуатации ядерной установки.

В законе о радиационной защите (1988:220) используется термин «радиоактивные отходы». Этот термин охватывает отходы, образовавшиеся не только в результате ядерной деятельности, но в результате использования радионуклидов в медицине, науке, промышленности, а также ОЗРИ.

13.3. Обращение с ОЯТ и РАО

Обращение с ОЯТ

ОЯТ со всех шведских АЭС хранится в пункте централизованного хранения Slab, расположенном на приреакторной площадке АЭС Оскарсхамн (рис. 13.3). Хранение осуществляется в бассейнах выдержки, размещенных в подземных кавернах под 25-метровой толщиной грунта. Хранение отработавшего топлива в Slab планируется осуществлять в течение 30–40 лет, т.е. до момента ввода в эксплуатацию национального пункта захоронения геологического захоронения.

Работы по сооружению Slab начались в 1980 году, а в 1985 году пункт хранения вместимостью 5 000 тонн ОЯТ был введен в эксплуатацию. В последующие годы вместимость хранилища была увеличена до 8 000 тонн. На сегодняшний день темпы размещения ОЯТ составляют порядка 300 м³/год. По состоянию на конец 2013 года в Slab хранилось 5 740 тонн ОЯТ [5].

Согласно текущим прогнозам и с учетом 60-летнего срока эксплуатации всех шведских реакторных блоков, за исключением блоков 1 и 2 АЭС Рингхальс (срок эксплуатации – 50 лет), за все время реализации шведской ядерно-энергетической программы должно образоваться порядка 20 000 м³ (12600 тонн) ОЯТ, около 155 000 м³ короткоживущих НАО и САО и еще порядка 15 000 м³ долгоживущих НАО и САО.

Обращение с ОНАО

Пункты захоронения ОНАО, представляющие собой полигоны приповерхностного захоронения, расположены на площадках четырех шведских АЭС. Каждая установка получила лицензию на захоронение 100–200 ГБк ОНАО. К концу 2010 года общий объем ОНАО, захороненных на этих площадках, составил порядка 19 600 м³ [5].

Обращение с короткоживущими НАО и САО

Захоронение короткоживущих НАО и САО производится в пункте окончательной изоляции SFR, действующем с 1988 года, общей вместимостью 63 000 м³. Пункт захоронения, находящийся неподалеку от АЭС Форсмак, был сооружен в кристаллических породах на глубине около 60 м под дном Балтийского моря. Вход в установку расположен в порту Форсмак, из которого к зоне захоронения ведут два подземных тоннеля протяженностью 1 км. Таким образом, объект состоит из двух комплексов: наземного, включающего административные корпуса, установки по обращению с РАО, транспортный терминал и вентиляционную установку, и подземного, спроектированного таким образом, чтобы обеспечить надежную изоляцию отходов и предотвратить выход опасных концентраций токсичных веществ в окружающую среду даже после закрытия установки. Следует отметить, что на этапе после закрытия установки реализация каких-либо мер ведомственного контроля не предусмотрена. В SFR отходы захороняют в подземных выработках различной конфигурации, адаптированной к конкретному типу РАО. Отходы, обладающие наибольшей активностью, изолируют в цилиндрическом бункере (SILO), облицованном слоем бетона толщиной около 0,8 м. Глубина подземной выработки диаметром 30 м, в которой размещен бункер, составляет 60 м. Глубина самого бункера диаметром 26 м составляет 50 м. Бункер установлен на основании из слоя песка и бентонита. Пространство между внешними стенками бункера и вмещающими породами также заполнено бентонитом. Бункер разделен на шахты размером 2,25×2,25 м. Пространство между захороненными упаковками с отходами и стенками шахт заливается бетоном. Помимо бункера установка оборудована еще четырьмя камерами, используемыми для захороне-



Рис. 13.3. Схема обращения с РАО в Швеции





ния различных типов РАО: камеры для захоронения НАО (BLA), двух камер для размещения бетонных емкостей, заполненных обезвоженными ионно-обменными смолами (BTF1 и BTF2), и камеры для захоронения САО (BMA) (рис. 13.4). Длина каждой такой камеры составляет 160 м, а ширина 14–18 м. Операции по захоронению САО в бункере производятся с использованием дистанционно управляемого оборудования, в то время как работы в остальных камерах проводятся при помощи погрузчика с вилочным захватом.

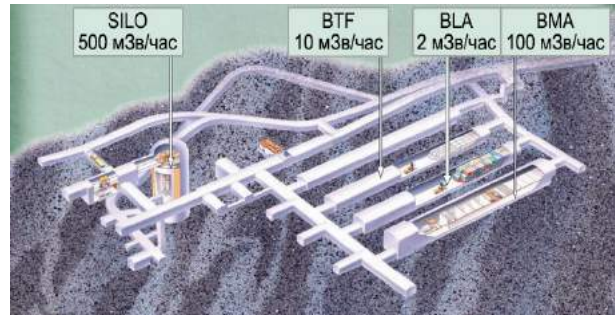


Рис. 13.4. Схема размещения участков для захоронения различных категорий РАО в SFR



Рис. 13.5. Подземные выработки SFR: BTF, BMA, BLA (слева на право)

По состоянию на конец 2013 года, в SFR размещено 33 871 м³ РАО суммарной активностью порядка 10¹⁵ Бк. Короткоживущие НАО и САО, которые могут образоваться в результате проведения работ по ВЭ, планируется захоранивать в дополнительной секции SFR, благодаря которой общая вместимость установки увеличится до 140 000 м³ (ввод в эксплуатацию намечен на 2023 год), а для окончательной изоляции долгоживущих НАО и САО планируется соорудить отдельный пункт захоронения – SFL [5]. Ежегодный суммарный объем образования НАО и САО в Швеции оценивается на уровне 1 000 – 5 000 м³.

В целом, согласно текущим оценкам, в результате проведения работ по выводу из эксплуатации действующих на сегодняшний день реакторных установок должно образоваться порядка 160 000 м³ отходов. Утвержденная программа обращения с РАО предусматривает окончательное захоронение всех НАО и САО от ВЭ ядерных установок [4].

Обращение с долгоживущими НАО и САО

Согласно текущим планам, долгоживущие НАО и САО, которые сейчас хранятся на площадке Студсвик, а также в хранилищах на приреакторных площадках и в Slab, в конечном итоге будут окончательно изолированы в специальном пункте захоронения SFL. Ожидается, что заявка на сооружение объекта поступит на рассмотрение регулятору в 2030 году, а ввод в эксплуатацию самой установки общей вместимостью порядка 10 000 м³ запланирован на 2045 год. В ближайших планах SKB опубликовать к 2016 году отчет по проведенным за последние два года исследованиям по оценке долгосрочной безопасности захоронения данного типа РАО. Основная задача текущего этапа исследований состоит в определении наиболее целесообразной концепции захоронения, а также разработке набора требований в отношении свойств отходов, инженерных барьеров безопасности и вмещающих пород. После утверждения соответствующей концепции захоронения для SFL будут установлены критерии приемлемости кондиционированных отходов, и начнется проектирование объекта. Основные этапы реализации проекта по созданию пункта захоронения долгоживущих НАО и САО представлены в табл. 13.1.

Табл. 13.1. Основные этапы реализации программы по захоронению долгоживущих НАО и САО в Швеции

2014 год	Завершение исследований по определению концепции захоронения долгоживущих НАО и САО
2016 год	Публикация отчета по результатам сравнения различных концепций захоронения долгоживущих НАО и САО
2030 год	Заявка на сооружение пункта захоронения
2045 год	Ввод SFL в эксплуатацию



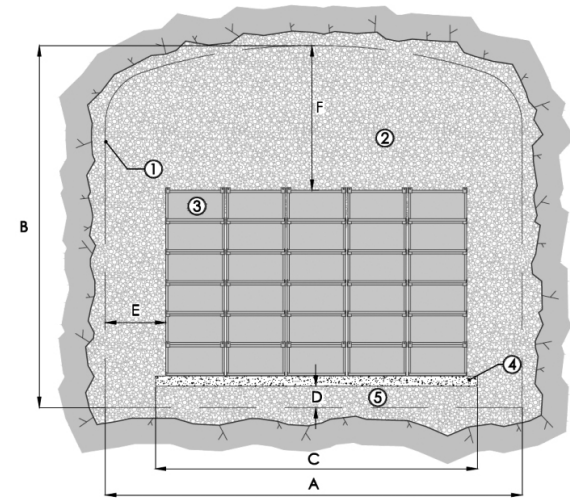


Также следует отметить, что при подаче заявки на увеличение вместимости пункта захоронения короткоживущих НАО и САО СКВ запросила у регулятора разрешение на промежуточное хранение долгоживущих РАО на площадке SFR.

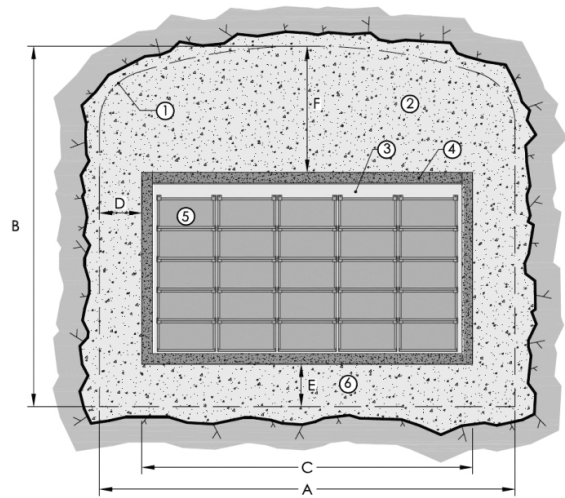
Концепция захоронения

Захоронение долгоживущих НАО и САО планируется осуществлять в бетонных конструкциях, размещенных в кристаллических породах на глубине около 300 м. Всего, согласно проекту, планируется произвести экскавацию двух выработок для захоронения РАО: SFL-3, в которой будут окончательно изолированы исторические РАО, образовавшиеся в прошлом в результате ведения шведских ядерных программ, и эксплуатационные отходы, поступающие из пункта централизованного хранения ОЯТ (Clab) и завода по инкапсуляции; и SFL-5, предназначенной для захоронения радиоактивно загрязненных конструктивных элементов со шведских АЭС. Короткоживущие отходы, которые образуются в результате ВЭ пункта хранения Clab и завода по инкапсуляции, планируется изолировать в транспортных тоннелях пункта захоронения.

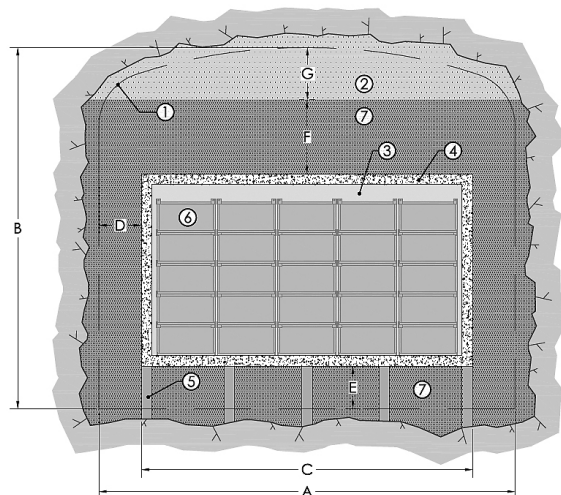
На данный момент рассматривается четыре возможные концепции захоронения (рис. 13.6):



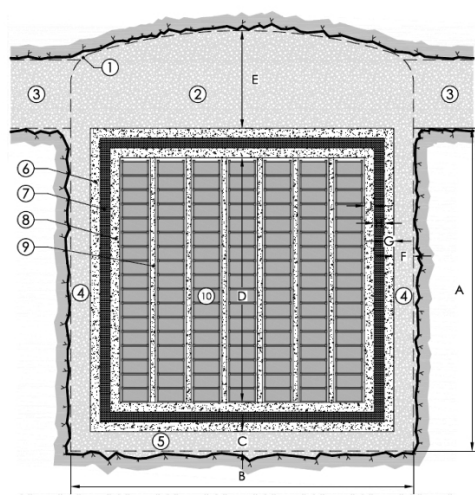
а) 1 – внутренний контур тоннеля захоронения; 2 – гравий; 3 – контейнеры с РАО; 4 – бетонная плита основания; 5 – гравий или дробленая горная порода. Приблизительные размеры: А – 20 м; В – 17 м; С – 15 м; D – 1 м; E – 2,5 м; F – 5–10 м.



б) 1 – внутренний контур тоннеля захоронения; 2 – бетон; 3 – цементный заполнитель; 4 – армированный бетон (толщина 0,5 м); 5 – контейнеры с отходами; 6 – бетон. Приблизительные размеры: А – 20 м; В – 17 м; С – 16 м; D – 2 м; E – 2 м; F – 5–10 м.



в) 1 – внутренний контур тоннеля захоронения; 2 – брикеты из бентонита; 3 – цементный заполнитель; 4 – бетонная конструкция (0,5 м); 5 – стойки из гранита; 6 – контейнеры с отходами; 7 – блоки из бентонита. Приблизительные размеры: А – 20 м; В – 17 м; С – 16 м; D – 2 м; E – 2 м; F – 3–4 м; G – 2–7 м.



г) 1 – внутренний контур тоннеля захоронения; 2, 3, 4, 5 – гравий или раздробленная горная порода; 6 – армированный бетон; 7 – блоки из бентонита; 8 – бетон; 9 – стены шахты из бетона толщиной 0,5 м; 10 – контейнеры с РАО. Приблизительные размеры: А – 33 м; В – 35 м; С – 2 м; D – 25 м; E – 5–10 м; F – 2 м; G – 1 м; H – 1 м; J – 1 м.

Рис. 13.6. Возможные концепции захоронения РАО в пункте захоронения SFL





- отходы захоранивают в подземной выработке с использованием в качестве засыпки раздробленной горной породы или гравия (рис. 13.6а);
- отходы захоранивают в подземной выработке, в качестве засыпки используется бетон. Отходы будут размещены внутри прямоугольной конструкции из бетона толщиной стен 0,5 м (рис. 13.6б);
- отходы размещают внутри прямоугольной конструкции из бетона толщиной стен 0,5 м с использованием в качестве материала засыпки блоков из бентонита (рис. 13.6в);
- отходы размещают внутри цилиндрического бункера с двухслойными стенами из бетона глубиной 40 м и диаметром 35 м. Пустоты между двумя стенами сверху и по бокам заполняют бентонитом, а снизу – смесью из песка и бентонита. Эта конструкция будет установлена на гравийное основание, а пространство между стенами бункера и вмещающими породами будет также заполнено гравием. После заполнения бункера отходами пространство между потолком выработки и верхней панелью также будет засыпано гравием. Таким образом, в рамках данной концепции захоронения ИББ будут изготовлены из трех различных материалов, каждый из которых будет способствовать удержанию радионуклидов (рис. 13.6г).



13.4. Статус проекта по созданию пункта захоронения ОЯТ

Выбор площадки

Впервые проблемой обращения с радиоактивными отходами шведские специалисты занялись еще в 1972 году, когда Правительство учредило специальный экспертный комитет – АКА (Använt Kärnbränsle och radioaktivt Avfall). В 1976 году комитет опубликовал отчет, в котором наряду с вопросами обеспечения безопасности снабжения шведских ядерных установок топливом рассматривалась и возможность захоронения РАО. В 70-е годы была определена следующая политика обращения с ОЯТ: хранение топлива в пункте централизованного промежуточного хранения до момента его переработки; переработка ОЯТ; остекловывание РАО, образующихся в результате переработки ОЯТ; инкапсуляция отверженных РАО и их захоронение в канистрах на глубине не менее 200 м во вмещающих породах, окруженных глинами. В качестве площадок-кандидатов для строительства пункта промежуточного хранения, установки для переработки ОЯТ и пункта захоронения рассматривались две площадки – Оскарсхамн и Форсмак/Эстхаммар – в обоих муниципалитетах на тот момент уже действовали АЭС. Однако из-за растущего недовольства общественности по поводу атомной энергетики в целом и планов по переработке ОЯТ в частности, проблема обращения с ОЯТ и РАО стала вопросом первостепенной важности для правительства Швеции как с технической, так и с политической точки зрения, что в итоге привело к разработке современной стратегии обращения с ОЯТ: прямое окончательное захоронение ОЯТ в кристаллических породах на глубине 500 м с использованием буфера из бентонитовой глины (концепция KBS).

Новый закон «О ядерной энергетике» 1977 года стал основой для разработки обновленной стратегии обращения с ОЯТ. Согласно закону, топливо не могло быть загружено ни в один новый реактор до тех пор, пока оператор реактора не продемонстрирует, как и где можно безопасно захоронить РАО, образующиеся в результате эксплуатации этого реактора. Таким образом, закон обязывал операторов реакторов заняться разработкой программы захоронения ОЯТ или ВАО от переработки топлива, задолго до их образования.

В 1984 году на смену закону «О ядерной энергетике» пришел закон «О ядерной деятельности», согласно которому в основу процедуры лицензирования ядерных установок было положено обоснование безопасности, передаваемое SKB на рассмотрение регулятору SSM. Кроме того, в соответствии с законом, SKB обязан каждые три года передавать на рассмотрение регулятору отчет о проведенных НИОКР и тем самым обосновывать предложения о будущем финансировании работ из средств Фонда РАО. Помимо SSM в рассмотрении данного отчета участвуют советы тех муниципалитетов, где SKB проводит соответствующие исследования, экологические организации, а также шведский Национальный совет по РАО. SSM объединяет полученные заключения по проведенной экспертизе отчета в единый документ, который затем передается на рассмотрение Правительству. Затем SKB отвечает на замечания, высказанные в заключениях, после чего все заинтересованные стороны вновь оценивают деятельность SKB и Правительство принимает окончательное решение по вопросу о дальнейшей поддержке проекта KBS.

В 1984 году Правительство постановило, что метод KBS-3 «в целом можно считать наиболее приемлемой концепцией обращения с ОЯТ с точки зрения обеспечения безопасности и радиационной защиты» (решение Правительства от 28 июня 1984 года). Таким образом, стратегия прямого захоронения ОЯТ получила признание на общенациональном уровне.



В 1999 году в силу вступил Экологический кодекс, изменивший процедуру лицензирования: отныне от SKB требовалось передать оценку о воздействии установки на окружающую среду на рассмотрение в том числе и соответствующему региональному суду по вопросам охраны окружающей среды. Кроме того, в соответствии с Кодексом, Правительство может одобрить выдачу разрешения на ядерную установку только в двух случаях:

- если получено одобрение муниципального совета;
- если с точки зрения национальных интересов Швеции решение данного вопроса имеет крайне важное значение, и из всех рассмотренных площадок именно выбранная площадка в наибольшей степени пригодна для строительства установки.

В законе также оговариваются требования к обязательному проведению консультаций как с местным населением, проживающим вблизи площадки-кандидата, так и с широкой общественностью, благодаря чему заинтересованные стороны смогли бы на равноправной основе участвовать в процессе разработки проекта установки и компоновки объектов на площадке, а также в составлении отчета о воздействии на окружающую среду.

На рис. 13.7 представлена процедура лицензирования ядерных установок, действующая в Швеции.

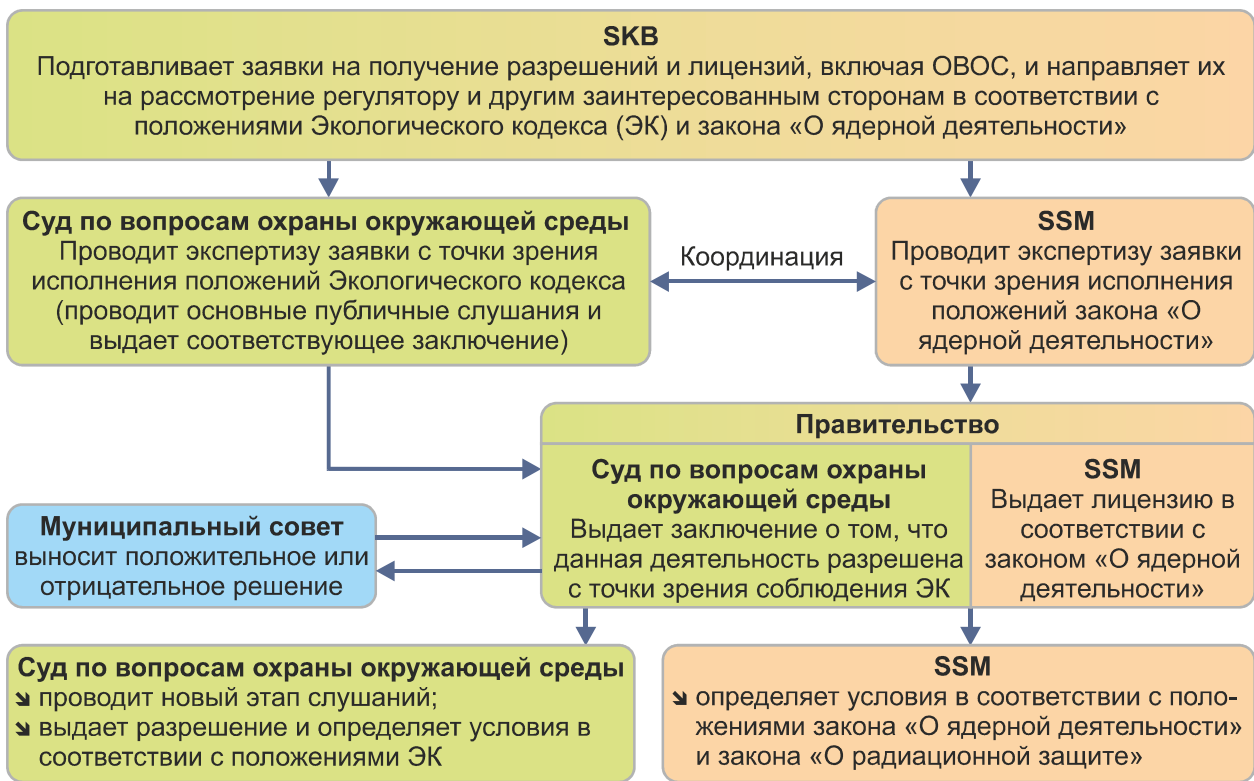


Рис. 13.7. Процедура лицензирования ядерных установок в Швеции

Впервые исследования геологических формаций с целью поиска подходящей площадки для сооружения пункта захоронения были инициированы в Швеции еще в 1975 году и охватили 17 площадок по всей стране. Затем площадки сравнили по таким критериям, как плоскость рельефа коренных пород, отсутствие значительных дизъюнктивных нарушений на поверхности обнаженных пород, наличие далеко отстоящих друг от друга основных зон трещинообразования, однородное строение и состав массива горных пород, низкий уровень сейсмической активности в регионе, наличие архивных данных, свидетельствующих о малой интенсивности перемещения грунтовых вод внутри массива горных пород.

В ходе первого этапа было отобрано 8 площадок для дальнейшего (с 1976 по 1983 гг.) проведения более детальных исследований вмещающих пород, совмещенных с НИОКР в ПИЛ. Так, в шахте Стрипа в Бергслагене с 1976 по 1992 гг. велась разработка методов исследования и характеристики вмещающих пород, термомеханических свойств массива горных пород, функций, выполняемых бентонитовым буфером, заглушками скважин и тоннелей. С 1995 года в ПИЛ Аспо на глубине 500 м проводились исследования геологических формаций, результаты которых подтвер-



дили приемлемость геологических характеристик влажных гранитов для сооружения пункта глубинного захоронения.

Следует отметить, что на этом этапе результаты исследований показали, что горные породы на большей части территорий страны подходят для сооружения пункта глубинного захоронения. Кроме того, стало понятно, что в основе программы по поиску площадки должен лежать принцип общественного одобрения проекта. С 1991 года компания SKB решила сконцентрировать свои усилия на поиске площадок, которые удовлетворяли бы двум основным условиям: геология местности подходила бы для сооружения пункта захоронения, а местные жители изъявили бы желание участвовать в процессе выбора площадки или, по крайней мере, захотели бы узнать больше о концепции захоронения ОЯТ.

В октябре 1992 года оператор разослал запросы в 286 муниципалитетов Швеции. Таким образом SKB пытался определить те муниципалитеты, жители которых захотели бы узнать больше о практике обращения с РАО и, возможно, в дальнейшем дали бы свое согласие на проведение технико-экономического обоснования. Причем проявление интереса муниципалитетом вовсе не приравнивалось к принятию каких-либо обязательств по реализации проекта – это условие было отдельно оговорено в разосланных запросах. Кроме того, общины на любом этапе могли отказаться от дальнейшего участия в процессе.

В итоге SKB провел обсуждения с 21-м муниципалитетом, выразившим заинтересованность в проекте. Однако анализ технической осуществимости был проведен лишь для восьми из них, а в остальных 13 муниципалитетах либо геологические условия были признаны неудовлетворительными, либо местные жители в итоге отказались от дальнейшего участия в проекте.

В 2000 году были объявлены результаты анализа по 8 муниципалитетам: Сторуман, Мала, Эстхаммар, Нючөпинг, Оскарсхамн, Тиерп, Олвкфрлеби и Хультсферд. Задача анализа состояла в том, чтобы на основании уже имеющихся данных определить перспективы проведения дальнейших исследований на каждой из восьми площадок, а для этого экспертам нужно было ответить на 5 основных вопросов:

- каковы общие перспективы строительства установки в данном муниципалитете;
- в каких районах с учетом геологии и социальной приемлемости могут находиться потенциально пригодные участки для строительства пункта окончательной изоляции ОЯТ;
- каким образом может быть организована транспортировка ОЯТ;
- какие проблемы стоят наиболее остро с точки зрения обеспечения защиты окружающей среды и безопасности населения;
- каковы наиболее очевидные положительные и отрицательные стороны реализации проекта захоронения с точки зрения обеспечения защиты окружающей среды, развития экономики, туризма и других отраслей предпринимательства в конкретных муниципалитетах и в регионе в целом.

После проведения анализа технической осуществимости и местных референдумов два муниципалитета были сняты с рассмотрения. Еще один муниципалитет был вычеркнут из списка потенциальных кандидатов, так как результаты предварительных исследований показали, что мощность вмещающих пород в данной местности недостаточна для строительства объекта. Для оставшихся пяти муниципалитетов были выявлены 8 потенциальных площадок для строительства пункта захоронения, которые затем были классифицированы по трем основным параметрам: пригодность характеристик вмещающих пород, промышленный потенциал (например, имеющаяся инфраструктура, воздействие на окружающую среду, доступность земельных ресурсов и т.п.) и социальные аспекты (например, уровень поддержки со стороны населения и местных властей). Сравнивая между собой различные площадки, SKB отметил значительно более высокий уровень общественной под-

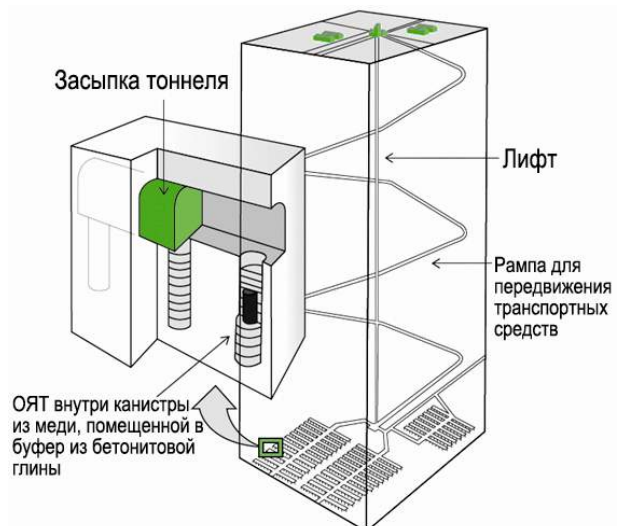


Рис. 13.8. Концепция KBS-3





держки среди муниципалитетов, на территории которых уже имелись ядерные установки. В результате для проведения детальных исследований было отобрано 3 площадки: Форсмак в муниципалитете Эстхаммар, площадка на севере муниципалитета Тиерп (недалеко от Эстхаммара) и Симпеварп в муниципалитете Оскарсхамн. Спустя некоторое время муниципалитеты Оскарсхамн и Эстхаммар дали свое согласие на проведение дальнейших исследований, а Тиерп отказался. Детальные исследования на двух площадках стартовали в 2002 году. В итоге на основании сравнения характеристик пород (измерения были проведены как на поверхности, так в скважинах на глубине 1 000 м) в 2009 году площадка в Эстхаммаре (вблизи АЭС Форсмарк) была выбрана для строительства пункта захоронения, а в марте 2011 года SKB подал заявку на строительство установки на рассмотрение регулятору.

Известно, что планируемая вместимость пункта захоронения составит 12 000 т ОЯТ, а располагаться он будет на глубине 500 м в гранитах возрастом 1,9 млрд лет. Согласно концепции захоронения KBS-3 (рис. 13.8), в тоннелях общей протяженностью 60 км и площадью около 4 км² будет размещено 6 000 канистр с ОЯТ. Каждая 25-тонная канистра, выполненная из чугуна и меди, рассчитана на 2 тонны ОЯТ. В случае протечки бентонитовые глины, окружающие канистры, впитывают в себя всю выделившуюся жидкость [7].

Обоснование безопасности пункт геологического захоронения ОЯТ «SR-Site»

Документ «SR-Site» представляет собой часть заявки, поданной на рассмотрение регулирующему органу (SSM) шведской компанией SKB, для получения лицензии на сооружение и эксплуатацию пункта захоронения ОЯТ на площадке Форсмак, расположенной в муниципалитете Эстхаммар. Заявка, направленная регулятору, включает отчет по обоснованию безопасности, материалы ОВОС и вспомогательные документы, разъясняющие причины выбора концепции KBS-3V и площадки в муниципалитете Эстхаммар. В состав отчета по обоснованию безопасности входят два документа: «SR-Site» (обоснование безопасности после закрытия установки) и «SR-Operation» (описание вопросов обеспечения безопасности на этапе эксплуатации и закрытия установки, а также мер, гарантирующих, что с окончанием эксплуатации система будет приведена в «конечное состояние», которое послужило отправной точкой для проведения анализа при подготовке «SR-Site») [8].

В рамках разработки «SR-Site» были определены две основные задачи:

- оценить безопасность концепции KBS-3V с точки зрения соблюдения требований национального законодательства Швеции;
- разработать документ, который бы послужил основой для:
 - разработки проекта установки и программы НИОКР,
 - планирования работ по проведению детальных исследований;
 - будущих проектов по оценке безопасности системы захоронения.

Геологическая среда

Площадка, рассматриваемая для строительства установки, расположена в муниципалитете Эстхаммар, приблизительно в 170 км от Стокгольма. Вмещающие породы представляют собой насыщенные гранитные породы, относящиеся к Фенноскандинавскому щиту, сформировавшемуся около 2 млрд лет назад. Коренные породы содержат тектонические зоны, слабо подверженные пластической деформации, вокруг которых лежат кристаллические формации, характеризующиеся большей пластичностью. Сама площадка расположена в северо-западной части одной из таких зон, протянувшихся с северо-запада площадки АЭС Форсмарк в юго-восточном направлении до деревни Орегунд [9].

В регионе имеется три крупные зоны деформации. Однако частота открытых трещин на глубинах свыше 300 м мала, а наблюдаемые значения напряжений в горных породах относительно велики, если сравнивать со средними показателями по стране. Верхний слой пород на глубинах до 100–150 метров характеризуется наличием разрывных нарушений высокой проницаемости в горизонтальной. Однако на больших глубинах породы характеризуются совсем незначительной проницаемостью и наличием лишь нескольких разрывных нарушений (на глубине, соответствующей уровню захоронения ОЯТ, среднее расстояние между проницаемыми трещинами превышает 100 м).

Что касается грунтовых вод, то на глубинах от 100 до 200 м их химический состав достаточно разнообразен, а содержание хлоридов колеблется от 200 до 5 000 мг/л (слабоминерализованные инфильтрационные воды). На глубинах от 200 до 800 м содержание хлоридов увеличивается до 5–



6 г/л. С увеличением глубины также повышается и содержание кальция в грунтовых водах, что свидетельствует о том, что с увеличением глубины заложения установки скорость потока грунтовых вод снижается.

В целом, основными характеристиками геологической среды, обеспечивающими безопасность системы захоронения, являются [9]:

- небольшое количество водопроницаемых разрывных нарушений на глубине захоронения ОЯТ;
- благоприятные химические условия, в частности, наличие восстановительной среды на уровне захоронения – величина минерализации грунтовых вод обеспечит стабильность бентонита;
- отсутствие полезных ископаемых, что в будущем сводит к минимуму вероятность потенциального проникновения в установку человека.

Концепция захоронения

Концепция захоронения KBS-3V (рис. 13.9) основывается на инкапсуляции ОЯТ в медные канистры со вставками из нержавеющей стали. Толщина стенок канистры составляет 5 см, высота – 4,835 м, диаметр сечения – 1,05 м. Каждую канистру планируется изготавливать из одного листа меди, а после ее заполнения ОЯТ – заваривать с помощью фрикционной сварки. Канистры по одной будут размещены в индивидуальных вертикальных скважинах на глубине около 500 м в окружении бентонитовых глин, выполняющих роль буфера, защищающего канистру от подвижек горных пород и ограничивающего приток грунтовых вод. В случае разгерметизации канистры буфер выполнит функции диффузионного барьера, ограничивающего перемещение радионуклидов [8].

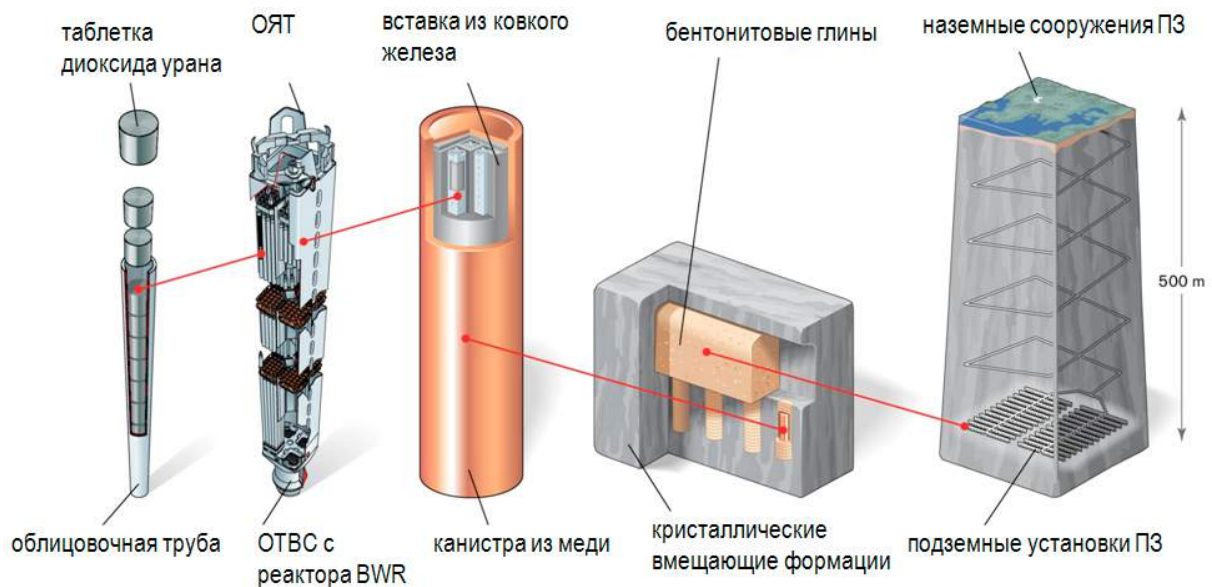


Рис. 13.9. Концепция захоронения KBS-3V

Скважины захоронения пробурят в полу тоннелей захоронения. После окончания работ по захоронению тоннели будут засыпаны бентонитовой глиной, обладающей низкой гидравлической проницаемостью, а давление набухания и плотность этого материала обеспечат удержание буфера на месте, ограничивая его расширение в вертикальном направлении (материал буфера состоит из бентонита с включением около 50–60% монтмориллонита).

Если при проведении работ будут выявлены участки с высокой интенсивностью притока грунтовых вод, на них скважины захоронения сооружаться не будут. При этом расстояние между скважинами должно быть таким, чтобы буфер не нагревался выше 100°C, что позволит соблюсти установленный предел по остаточному тепловыделению – 1700 Вт на канистру.

Подход к демонстрации безопасности и аргументы безопасности

Подход, применяемый в целях демонстрации безопасности и уверенности в выбранной концепции захоронения, состоит в выявлении и анализе свойств системы – так называемых функций безопасности. В рамках шведского обоснования SR-site самой главной функцией безопасности является сохранение целостности медных канистр с ОЯТ в течение очень длительного периода



времени. Остальные функции безопасности способствуют обеспечению целостности канистр. Среди них наиболее важную роль играет буфер из бентонита. Таким образом, в шведском обосновании безопасности роль аргументов играет демонстрация выявленных функций безопасности, основное внимание среди которых уделяется долговечности медных канистр [8].

Согласно положениям национального законодательства, в оценке безопасности должен рассматриваться временной отрезок в 1 000 000 лет после закрытия установки. Причем подробный анализ рисков следует представить для 1 000 лет, а количественный анализ рисков – для 100 000 лет. Для периодов времени свыше 100 000 лет после закрытия установки количественные оценки риска не считаются корректными, однако в обосновании безопасности все равно должен демонстрироваться тот факт, что выход радиоактивных веществ за пределы геологических и инженерных барьеров безопасности, насколько это возможно, ограничен и отсрочен. Такая демонстрация производится, в том числе с использованием количественных результатов проведенного анализа рисков – это один из целого ряда индикаторов безопасности.

Подробный анализ, проведенный в рамках обоснования безопасности, свидетельствует о том, что даже с учетом целого ряда «осторожных» предположений частота отказа канистр по истечении одного миллиона лет чрезвычайно мала. Деградации барьеров безопасности до уровня, при котором происходит нарушение функций удержания, подвержено менее одной канистры в среднем за один миллион лет. Причем такой отказ с наибольшей степенью вероятности будет связан с эрозией буфера из бентонита, что, в свою очередь, приведет к установлению условий адвекции и интенсификации процесса коррозии медной канистры. Еще одной причиной отказа может стать землетрясение, приводящее к поперечному смещению трещин, пересекающих скважины захоронения, и разрушению канистры. Однако даже с учетом пессимистичного сценария вероятность наступления таких событий чрезвычайно мала.

Концепция обеспечения безопасности KBS-3V основывается на следующих принципах безопасности, которые полностью согласуются с подходами, принятыми на международном уровне [8]:

- при размещении установки на глубине в геологических формациях, характеризующихся долговременной стабильностью, отходы будут изолированы от человека и окружающей среды. Таким образом, изменения ни социальных, ни климатических условий на поверхности не смогут оказать значимого воздействия на установку;
- размещение объекта окончательной изоляции на площадке, вмещающие породы которой не представляют экономического интереса для будущих поколений, сводит к минимуму вероятность проникновения человека в установку;
- ОЯТ окружено системой инженерных и естественных барьеров безопасности;
- основная функция безопасности барьеров состоит в удержании ОЯТ внутри канистр;
- в случае нарушения целостности канистры функция безопасности барьеров будет обеспечивать задержание потенциального поступления радиоактивных веществ за пределы установки;
- материалы ИББ изготавливаются из природных материалов, способных сохранять стабильность в условиях захоронения в течение длительного времени. Для характеристики свойств таких материалов и их поведения в долгосрочной перспективе достаточно провести ряд исследований природных аналогов;
- установка должна быть спроектирована и построена таким образом, чтобы избежать нагрева среды до температур, оказывающих негативное воздействие на свойства барьеров в долгосрочной перспективе;
- установка должна быть спроектирована и построена таким образом, чтобы не допустить возникновения процессов, связанных с воздействием ионизирующего излучения и способных оказать негативное воздействие на поведение барьеров или вмещающих пород в долгосрочной перспективе;
- барьеры должны быть пассивными, т.е. выполнять свои функции без вмешательства человека или не предусматривать подведения к установке каких-либо ресурсов (энергетических или материальных).

Таким образом, шведская концепция захоронения KBS-3V делает основной упор на обеспечении долгосрочной безопасности посредством инженерных барьеров и в первую очередь – посредством канистры. Прежде всего, это объясняется видом вмещающей геологической среды, в которой предполагается построить пункт захоронения. Известно, что помимо обеспечения функции изоляции геологическая среда может служить барьером, предотвращающим или замедляющим и подавляющим миграцию радионуклидов за пределы системы захоронения. Функцию ми-



миграционного барьера геологическая среда может выполнять по-разному. Если речь идет о соляных формациях, то ключевую роль будет играть отсутствие в горных породах воды, которая могла бы послужить средой для перемещения радионуклидов. Для других сред важна низкая скорость движения подземных вод (в случае некоторых видов глинистых формаций) и геохимическое задержание или иммобилизация, а также физическое задержание благодаря процессам перераспределения растворенных веществ из трещин в минеральный скелет горных пород посредством диффузионных процессов. При этом в снижении скорости выхода радионуклидов на поверхность главную роль будут играть такие физические процессы как диффузия, замедление, гидродинамическая дисперсия и разбавление. Однако в шведской и финской концепциях захоронения существенно большую роль играет длительный срок службы контейнеров. Это связано с тем, что в этих странах пункты захоронения планируется строить в кристаллических породах – это насыщенные, трещиноватые скальные породы, а трещины и разломы представляют собой потенциальные пути перемещения радионуклидов. Именно поэтому в рамках концепции KBS-3V основное внимание уделяется столь длительному сроку обеспечения полного удержания радиоактивных веществ инженерными барьерами. При этом главная задача геологической среды – защитить инженерные барьеры и гарантировать продолжительный срок службы контейнеров. Таким образом, роль естественного барьера безопасности как миграционного барьера на пути перемещения радионуклидов может оставаться скрытой (латентной) в течение всего периода времени, рассматриваемого в рамках обоснования безопасности. Такой подход созвучен с идеей о том, что в полной мере охарактеризовать гетерогенную среду чрезвычайно сложно. Кроме того, подобная аргументация позволяет повысить доверие широкой общественности к концепции захоронения: неспециалисту намного проще понять, каким образом на значительных временных отрезках функцию полного удержания может выполнять контейнер, а не, к примеру, механизм сорбционного удержания радионуклидов.

В целом, в рамках шведского обоснования безопасности понимание того, каким образом будет обеспечена безопасность системы захоронения, строится на итерационном анализе функций безопасности (т.е. свойств системы захоронения, способствующих обеспечению безопасности) и соответствующих критериев. Референтный вариант эволюции системы захоронения анализируется для разных временных отрезков с помощью структурированного подхода, основывающегося на оценке каждого выявленного процесса, важного с точки зрения отдельных функций безопасности. Референтный вариант эволюции системы представляет собой основной сценарий, описывающий ожидаемую эволюцию системы захоронения. В рамках оценки безопасности также рассматривается набор альтернативных сценариев, описывающих возможные пути деградации выявленных функций безопасности и их последствия.

Функции безопасности используются как основа для выбора дополнительных сценариев. В рамках концепции KBS-3V рассматриваются три сценария, описывающие деградацию буфера, и три сценария, описывающие нарушение целостности канистры с ОЯТ (коррозия, изостатическая нагрузка и поперечная нагрузка). В первую очередь анализируются сценарии с нарушением эксплуатационных характеристик буфера, а последствия от реализации каждого такого сценария рассматриваются в рамках анализа нарушения целостности канистры. В целом, методология разработки сценариев заключается в анализе всех ситуаций, приводящих, в конечном итоге, к трем выявленным видам нарушения целостности канистр. В результате анализируемая ситуация либо исключается из дальнейшего рассмотрения, либо оценивается с учетом всех возможных вариантов эволюции системы.

Отдельные исследования направлены на:

- анализ сценариев будущей деятельности человека (в том числе, бурение скважины или проведение экскавационных работ с проникновением в установку);
- оптимизацию проекта и демонстрацию применения наиболее совершенных и доступных технологий и методов (ВАТ);
- оценку всех характеристик, событий и процессов (FEPs), которые ранее были исключены из оценки безопасности по причине малой значимости, в целях определения их потенциального воздействия с учетом уже полученных результатов.

В рамках обоснования безопасности “SR-Site” также представлен качественный анализ вероятной эволюции системы захоронения и последствий ее реализации для периода времени, превышающего срок в один миллион лет. Такой анализ базируется на аргументах, основывающихся на исследовании природных аналогов.



Подход к оценке безопасности

Подход к оценке безопасности, рассматриваемый в рамках шведского обоснования, состоит из одиннадцати основных этапов [9]:

1. анализ FER;
2. описание исходного состояния как самой системы захоронения в целом, так и инженерных барьеров;
3. описание условий внешней среды;
4. обобщение данных, приведенных в промежуточных отчетах;
5. определение функций безопасности и индикаторов функций безопасности;
6. обобщение исходных данных;
7. определение референтного сценария и его анализ;
8. обоснование других сценариев;
9. анализ выбранных сценариев;
10. проведение дополнительных исследований и анализ;
11. формирование заключения.

Основной отчет по обоснованию безопасности формируется на базе результатов каждого из этих одиннадцати этапов. Исходное состояние системы в рамках ООБ определяется как состояние площадки на момент захоронения РАО и установки системы инженерных барьеров безопасности, а естественное ненарушенное состояние геосферы и биосферы определяется на момент начала проведения экскавационных работ. Эволюция природной системы в оценке безопасности, таким образом, по крайней мере по нескольким аспектам прослеживается с момента начала проведения экскавационных работ. В рамках обоснования безопасности после закрытия установки любые потенциальные отклонения от исходного состояния (например, в результате аварии на этапе эксплуатации) могут рассматриваться в качестве отдельного сценария.

Отдельно следует выделить четвертый этап, в ходе которого на основании результатов проведенных ранее исследований и скрининга FER происходит выявление всех важных процессов с точки зрения эволюции системы захоронения. Каждый такой процесс задокументирован в одном из промежуточных отчетов (сведения о топливе и канистрах; буфере, засыпке и закрытии установки; геосфере), состоящих из следующих основных разделов [9]:

- общее описание;
- взаимосвязь между переменными параметрами процесса и системы;
- граничные условия;
- моделирование и экспериментальные исследования;
- использование природных аналогов и наблюдение за природными системами;
- период времени, в течение которого рассматриваемый процесс актуален;
- анализ неопределенностей;
- достаточность данных для описания процесса в рамках обоснования безопасности.

В промежуточных отчетах содержатся «инструкции» по обработке информации по различным процессам. Подобные данные обобщают в таблице процессов, в которой указывается, какие процессы должны быть смоделированы, а какие можно исключить из дальнейшего рассмотрения вообще или при определенных условиях. В рамках численных моделей обычно рассматриваются несколько взаимосвязанных процессов, которые могут происходить в разных частях системы захоронения. Модели формируют матрицу, а результаты, полученные при построении одной модели, могут использоваться в качестве исходных данных для построения следующей. Такая матрица моделей представляется графически в виде блок-схемы модели оценки. В рамках шведского обоснования было разработано две блок-схемы: блок-схема для этапа сооружения и эксплуатации установки и эволюции в течение начального периода после закрытия установки (и блок-схема для геокриологических и гляциальных условий [9].





ШВЕЦИЯ

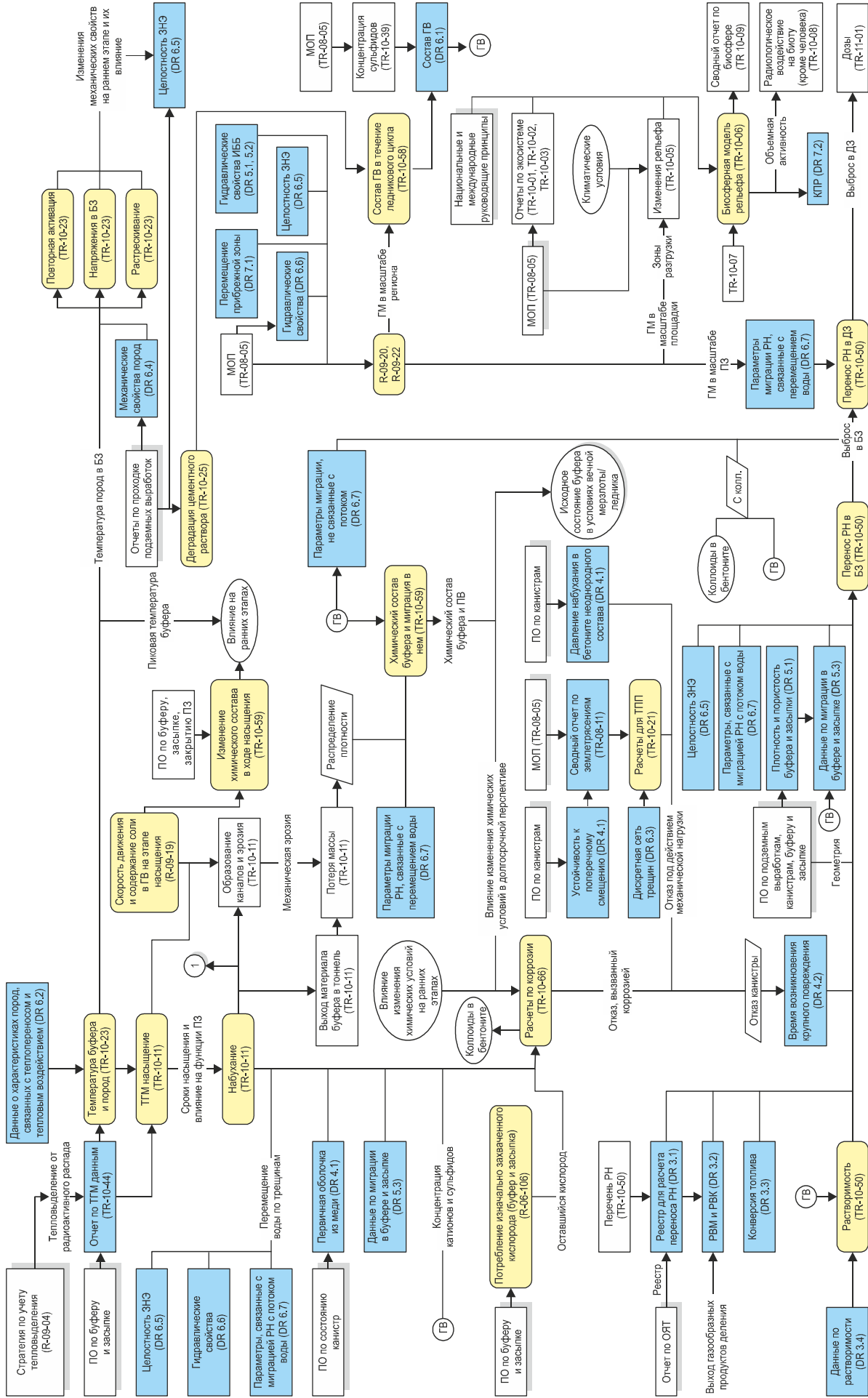
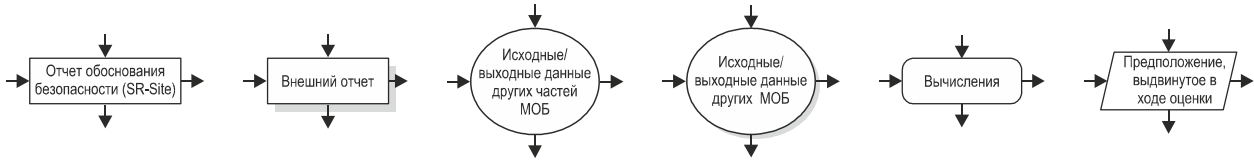


Рис. 13.10. Примерный вид процедуры оценки безопасности



Легенда



Условные сокращения:

1 – допустимый унос массы для поддержания условий диффузии	НЦ – нарушение целостности
БЗ – ближняя зона	ПВ – поровая вода
ГВ – грунтовые воды	ПО – производственный отчет
ГМ – гидравлическая модель	РВК – доля выброса радионуклидов в результате коррозии
ДЗ – дальняя зона	РВМ – доля радионуклидов, выбрасываемая мгновенно
ЗНЭ – зона, нарушенная проведением экскавационных работ	РН – радионуклиды
ИББ – инженерные барьеры безопасности	С _{колл.} – концентрация коллоидов
КПР – дозовые переводные коэффициенты для вида рельефа местности	ТГМ – термо-гидро-механический
МОБ – блок-схемы модели оценки	ТПП – трещины, пересекающие весь периметр
МОП – модель, описывающая площадку	

Структура обоснования безопасности

Объем основного отчета по обоснованию безопасности, состоящего из трех томов, – более 900 страниц («Technical Report: TR-11-01»). Отчет по безопасности дополнен целым рядом вспомогательных документов [8]:

- 6 так называемых «производственных отчетов», описывающих общие принципы проектирования и функционирования системы захоронения ОЯТ, по следующим темам:
 - ОЯТ, направляемое на захоронение;
 - проектирование, изготовление и исходное состояние канистр;
 - проектирование, изготовление и исходное состояние буфера;
 - проектирование, изготовление и исходное состояние засыпки;
 - работы по закрытию установки;
 - сооружение подземных выработок.
- Отчет по FER,*
- Отчет по процессам, происходящим в топливе и канистрах,
- Отчет по процессам, происходящим в буфере,
- Отчет по процессам, происходящим в засыпке и элементах, используемых для герметизации пункта захоронения,
- Отчет по геосферным процессам,
- Отчет по климату,
- Сводный отчет по биосфере,
- Сводный отчет по построению моделей,
- Информационный отчет,
- Отчет по будущей деятельности человека,
- Отчет по переносу радионуклидов и др.

Всего в рамках «SR-Site» было подготовлено около 100 различных отчетов по отдельным темам, а общий объем материалов заявки, направленной регулятору, составил более 10 000 страниц.

Принятие решений местными органами власти

В Швеции муниципальные советы (местные органы власти) принимают решения по вопросам реализации программы захоронения ОЯТ и обладают правом вето – муниципалитет, например, может отказаться от проведения анализа технической осуществимости проекта. Кроме того, муниципалитеты организуют для местных жителей голосование по вопросу допустимости проведения детальных исследований в конкретной местности. Так, в Эстхаммаре результаты подобного голосования показали, что абсолютное большинство жителей (80%) одной из общин поддерживает проведение детальных исследований.

После того, как закончилась проверка на соответствие требованиям законодательства, а Правительство одобрило предложение SKB, муниципальный совет вынес свое окончательное решение по проекту строительства пункта захоронения в Эстхаммаре. Для этого муниципалитету потребовалось разработать специальный механизм, определяющий процедуру принятия такого решения (голосование совета), а также основания для его принятия.

* Характеристики, события, процессы





Похожая процедура утверждения прошла и в муниципалитете Оскарсхамн, где планируется построить завод по инкапсуляции ОЯТ [7].

Роль Правительства

Правительство принимает окончательное решение о выдаче разрешений, лицензий, проведении НИОКР, а также устанавливает показатели деятельности SKB. Прежде чем перейти к детальным исследованиям, Правительство должно одобрить площадку, выбранную SKB. Свои рекомендации по этому поводу Правительству предоставляет регулятор и суд по земельным делам и охране окружающей среды. Правительство принимает окончательное решение только после проведения консультаций с муниципалитетами [7].

Роль разработчика (оператора)

SKB занимается вопросами обращения с отработавшим топливом, образующимся на шведских АЭС. Компания несет ответственность за проведение исследований на площадках, выбор площадки и реализацию проекта захоронения. Кроме того, SKB занимается согласованием пакета льгот, предоставляемых муниципалитетам [7].

Взаимодействие с общественностью

В начале 1990-х в Швеции был запущен проект «Диалог», координация которого была возложена на Департамент инспектирования ядерных установок (SKI). Задача экспертов состояла в выработке рекомендаций, выполнение которых облегчило бы процесс взаимодействия с различными заинтересованными сторонами в рамках программы по лицензированию пункта захоронения ОЯТ. Среди рекомендаций членов экспертного совета по проекту «Диалог» можно отметить следующие:

- предоставление финансового обеспечения негосударственным организациям, обладающим авторитетным мнением;
- целесообразность участия регулятора на ранних этапах процесса выбора площадки (это не влечет за собой утрату общественного доверия к нему как к независимому экспертному органу).

В мае 2011 года Агентство по ядерной энергии ОЭСР провело совещание рабочей группы, в ходе которого шведская программа по обращению с РАО была рассмотрена с позиций различных заинтересованных сторон (SKB, SSM, муниципалитетов Оскарсхамн и Эстхаммар, а также негосударственных организаций). В ходе проведенных дискуссий были сделаны следующие выводы относительно предпосылок для удачного завершения процесса лицензирования пункта захоронения ОЯТ в Швеции [10]:

- техническая обоснованность концепции важное, но недостаточное условие для успешного ведения диалога с заинтересованными сторонами; существенную роль играет четкое соблюдение утвержденной процедуры принятия решений;
- заинтересованным сторонам следует представлять всю необходимую информацию в понятной для них форме;
- доверием заинтересованных сторон нельзя заручиться раз и навсегда – работу в этом направлении никогда не следует прекращать;
- важным фактором, влияющим на успех, является предоставление доступа ко всей информации и документам, а также наличие достаточного времени для проведения обсуждений. Последний фактор очень важен: на достижение определенного уровня доверия могут уйти годы, а утратить его можно после одной попытки ускорить процесс принятия решений;
- наделение муниципалитетов правом вето сыграло решающую роль в успехе процесса выбора площадки;
- рабочие группы должны иметь возможность обратиться за советом к независимым экспертам, не связанным с разработчиком проекта захоронения;
- получить информацию и участвовать в процессе принятия решений – это разные вещи, поэтому в рамках процесса поиска площадки следует стремиться к реальному привлечению общественности;
- план мероприятий, проводимых организациями, занимающимися взаимодействием с общественностью, должен оперативно корректироваться в зависимости от текущих успехов в выборе площадки и соответствующего этапа программы;
- не должно становиться самоцелью формальное достижение консенсуса; зачастую важен сам процесс открытого диалога.





- предоставление негосударственным организациям финансового обеспечения стало мощным стимулом для проведения диалога между представителями ядерной отрасли и местными властями;
- результаты опросов общественного мнения показали, что шведы в большинстве своем доверяют регулятору SSM.

Финансовое обеспечение муниципалитетов

Выплаты денежных средств участвующим в процессе выбора площадки муниципалитетам производится через Фонд РАО, формируемый за счет регулярных взносов операторов ядерных установок и предназначенный для покрытия затрат на обращение с РАО и проведение работ по выводу из эксплуатации ядерных установок. С 2005 года получать деньги из фонда для участия в этом процессе и проведения НИОКР также могут и некоммерческие организации [7].

Летом 2014 года шведский регулятор **SSM** внес предложение об удвоении в 2015 году размера отчислений, уплачиваемых операторами в Фонд РАО. Решение было принято после пересчета предстоящих затрат по выводу из эксплуатации ядерных установок и захоронению РАО, определенных в соответствии с оценками SKB. Согласно последним оценкам SKB, суммарные затраты на ВЭ и захоронение отходов составляли порядка 20 млрд долларов. При этом в фонде уже накоплено около 7,5 млрд долларов. Однако в 2014 году оператор заявил о том, что эти оценки оказались несколько заниженными, и реальная стоимость всех работ по ВЭ ядерных установок и захоронению РАО выше первоначальной не менее, чем на 1,6 млрд долларов. Исходя из этого, регулятор рекомендовал Правительству в 2015 году повысить размер отчислений в фонд до 0,56 центов за кВт энергии, а SKB – к 2016–2017 гг. подготовить новый отчет по расчету сумм выплат в фонд РАО [11].

Все восемь муниципалитетов в период проведения анализа технической осуществимости проекта получали по 2 млн шведских крон в год. Исследования проводились около 4 лет. В период проведения инженерно-геологических исследований на площадках-кандидатах муниципалитеты Оскарсхамн и Эстхаммар получали по 4 млн шведских крон в год. Кроме того, муниципалитету Оскарсхамн, где планируется построить завод по инкапсуляции, перечислялись дополнительные денежные средства в размере 1,5 млн шведских крон.

Всего местные общины получают порядка 240 млн долларов: 75% – муниципалитет Оскарсхамн, 25% – муниципалитет Эстхаммар. Часть средств поступит на счет программы «Дополнительные преимущества»*, финансирование которой осуществляется за счет средств компании SKB и производителей отходов, а не непосредственно из Фонда РАО. Заявки на реализацию проектов в рамках программы направляют на рассмотрение специальному комитету, в состав которого входят мэры обоих муниципалитетов и представители компании SKB. До момента начала эксплуатации объекта, местные общины смогут потратить только 20% всех полученных средств.

Табл. 13.2. Этапы реализации проекта по созданию пункта геологического захоронения ОЯТ в Швеции

1992 г.	Компания SKB рассылает запросы и инициирует программу по поиску муниципалитетов-добровольцев
1993 г.	Муниципалитеты Сторуман и Мала соглашаются на проведение анализа технической осуществимости проекта
1995–1997 гг.	1995 г. – от участия отказывается муниципалитет Сторуман, а в 1997 г. – отказывается Мала, решения в обоих случаях были приняты по результатам референдумов
1995 г.	SKB ищет добровольцев среди общин, проживающих на территориях с действующими ядерными установками
1995–1999 гг.	2 населенных пункта заявили о добровольном участии в процедуре анализа технической осуществимости проекта (Эстхаммар принял такое решение через 4 недели, а Оскарсхамн – через 17 месяцев). Некоторые другие общины заявили о своем участии позже (Тиерп – в 1998 году, а Älvkarleby – в начале 1999 г.). Кроме того исследования проводились в Нючепинге и Хультсфреде
1993-2000 гг.	Проведение анализа технической осуществимости проекта для восьми площадок (включая Сторуман и Мала)

* Средства, вложенные в проект «Дополнительные преимущества», пошли на создание центра освоения бизнеса, предоставление гарантированных банковских займов новым предприятиям, чьи офисы открываются в этих муниципалитетах, ремонт местных автомагистралей и дорог, продвижение товаров и услуг Оскарсхамна на рынке.





Ноябрь 2000 г.	SKB публично заявляет о выборе трех площадок для проведения детальных исследований (Эстхаммар, Оскарсхамн и Тиерп)
Декабрь 2001 г.	Эстхаммар соглашается на проведение исследований
Март 2002 г.	Оскарсхамн соглашается на проведение исследований
Апрель 2002 г.	Тиерп отказывается от проведения дальнейших исследований
2002 – ~2009 гг.	Детальные исследования на двух площадках (Эстхаммар и Оскарсхамн)
2009 г.	Для сооружения пункта захоронения выбрана площадка в Эстхаммаре
2011 г.	Заявка на строительство пункта геологического захоронения и завода по инкапсуляции направлена на рассмотрение регулятору
2014 г.	Регулятор завершает рассмотрение заявки на сооружение пункта геологического захоронения и направляет ее на утверждение в другие государственные инстанции, продолжается рассмотрение заявки на сооружение завода по инкапсуляции
~ 2019 г.	Выдача разрешений и начало строительных работ



28 апреля 2014 года Шведский регулятор завершил рассмотрение заявки на сооружение пункта захоронения ОЯТ и направил ее на утверждение в другие уполномоченные государственные инстанции и организации по защите окружающей среды (табл. 13.2). Регулятор все еще продолжает рассмотрение заявки на сооружение завода по инкапсуляции и запрашивает у оператора и организаций, оказывающих ему техническую поддержку, все новую информацию по целому ряду вопросов. Так, с целью получения рекомендаций по вопросам долговечности канистр из меди и свойств вмещающих пород регулятор привлек к процедуре рассмотрения заявок дополнительные экспертные организации [12].

Окончательное решение по вопросу сооружения пункта захоронения принимает Правительство, а задача регулятора заключается в том, чтобы определить, отражены ли в заявке на получение лицензии все необходимые исходные условия, которые бы гарантировали возможность сооружения пункта захоронения с учетом требований радиационной безопасности и сводили к минимуму воздействие установки на человека и окружающую среду. Затем заключение регулятора направляется в суд по вопросам землепользования и защиты окружающей среды, который также рассмотрит заявку SKB и проанализирует соответствие системы захоронения положениям закона «О защите окружающей среды».

13.5. Подземная исследовательская лаборатория Аспо

ПИЛ Аспо, расположенная неподалеку от АЭС Оскарсхамн, является уникальной подземной установкой, предназначенной для проведения полномасштабных исследований, предшествующих созданию пункта глубинного захоронения ОЯТ. Работы по сооружению ПИЛ начались в 1990 году и заняли всего пять лет. Основной целью создания лаборатории стало изучение способности барьеров пункта захоронения (медные канистры, буфер из бентонита и вмещающие породы) предотвращать выход радиоактивных веществ на поверхность. В рамках НИОКР в Аспо производится опытное захоронение канистр, засыпка и герметизация тоннелей, а также извлечение уже захороненных канистр. Кроме того, здесь тестируют различные устройства и механизмы, которые планируются использовать при захоронении ОЯТ [13].

Подземная часть ПИЛ представляет собой тоннель, пролегающий от полуострова Симпеварп (Simpervarp), где расположена АЭС Оскарсхамн, до южной оконечности острова Аспо. Главный тоннель выполнен в форме двух витков спирали, спускающейся до уровня 460 м. Поверхностные сооружения ПИЛ располагаются на острове Аспо.

Исследования в Аспо проводились как во время сооружения лаборатории, так и до начала строительных работ – тестировались различные методы возведения подземных установок, проводились детальные исследования вмещающих пород, что позволило разработать более совершенные методы выполнения строительных работ под землей и создать модели, описывающие свойства горных пород [14].

Площадки для проведения испытаний в ПИЛ Аспо

Тестирование возможности повторного извлечения канистр. Шведская концепция окончательной изоляции ОЯТ предполагает поэтапную реализацию проекта захоронения. Так, сначала в пункте захоронения будут размещены лишь небольшие объемы ОЯТ. Результаты проведенных работ по опытному захоронению будут проанализированы, и в случае, если они окажутся отрицатель-



ными, захороненное топливо потребуется извлечь. В отсеке лаборатории *Canister Retrieval Test* проводятся исследования возможности повторного извлечения захороненного ОЯТ (рис. 13.11).

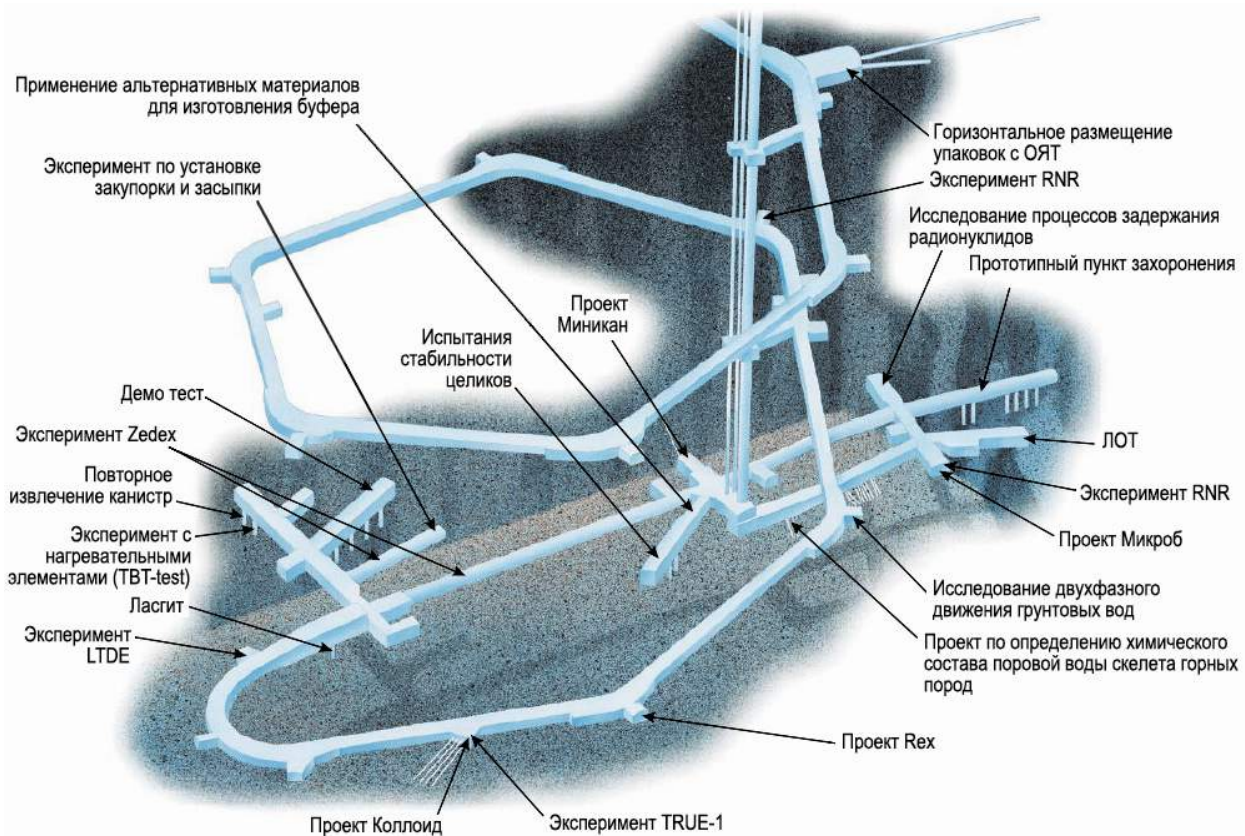


Рис. 13.11. Расположение зон проведения испытаний в ПИЛ Аспо

Демо тест. Испытания проводят с целью определения наилучшего способа ориентации 25-тонных медных канистр с ОЯТ в отсеках для захоронения, окруженных буфером из бентонитовых глин.

Также на этом участке осуществляются испытания технологии засыпки и герметизации тоннелей захоронения. Данные работы уже выполнены на участке протяженностью 30 м, проходка которого осуществлялась буровзрывным способом. На данный момент производится мониторинг герметичности засыпки и закупорки с применением около 200 различных измерительных приспособлений.

Тестирование различных видов бентонитовых глин – тоннель *Anse* используется для наблюдения за распределением полей напряжения в горных породах и буфере из различных видов бентонитовых глин, доставленных на площадку из Северной Америки, Индии и Греции.

Прототип пункта захоронения был построен в целях демонстрации показателей функционирования будущего пункта захоронения и представляет собой тоннель, в котором размещены шесть полноразмерных канистр, не заполненных ОЯТ (для измерения уровня тепловыделения от ОЯТ тепло производится электрическими нагревателями). Измерительные приборы помещены в скважины, глину, канистры, бентонит, засыпку и окружающие канистры, вмещающие породы.

Туннель *Аспо*. Канистры могут размещаться как горизонтально, так и вертикально. Для горизонтального размещения требуется специальное оборудование для бурения отсеков захоронения и установки в них канистр. Это оборудование тестируется в тоннеле Аспо на глубине 220 м.

Исследования вопросов обеспечения долгосрочной безопасности

Цель данных проектов – изучить эволюцию пункта захоронения и понять, каким образом происходящие в пункте захоронения изменения могут повлиять на способность его барьеров изолировать ОЯТ.

Проект *Миникан*. Рассматривается следующий случай: целостность канистры нарушается, внутрь начинает поступать вода, развиваются процессы коррозии чугунных вставок канистры. В рамках данного проекта проводят исследования коррозионных процессов, протекающих в зазоре между чугунной вставкой и медной облицовкой, с использованием пяти миниатюрных канистр,



размещенных в скважинах (на медную облицовку всех канистр нанесена перфорация в виде небольших отверстий, имитирующих повреждение канистры).

- **Ласгит** (крупномасштабный тест по закачке газа). Изучение процессов, происходящих в случае повреждения канистры – коррозия чугуна приводит к выделению газообразного водорода, вследствие чего давление внутри канистры поднимается и газ через окружающий канистру бентонит просачивается наружу. Теоретически такие процессы могут привести к образованию каналов в глине.
- **Проект Микроб**. Одна из задач проводимых исследований – определить действительно ли подземные бактерии, выделяющие в процессе жизнедеятельности сульфатные ионы, способны выжить в слое окружающих канистру бентонитовых глин. Сульфатные ионы представляют опасность, так как могут спровоцировать развитие коррозионных процессов. С другой стороны, сами микробы могут противостоять процессам коррозии за счет поглощения кислорода. В рамках проекта Микроб изучается эффективность поглощения кислорода бактериями.
- **ЛОТ** (тестирование поведения материала буфера в долгосрочной перспективе). Цель исследования – изучение эволюции бентонитовых глин как в условиях сходных с условиями глубинного захоронения, так и в более агрессивной среде. Внутри скважин, пробуренных в полу тоннеля, были размещены блоки, состоящие из медных трубок и бентонита. В течение нескольких лет эти трубки будут нагревать, а затем извлекут и проанализируют изменение их характеристик, а также характер движения радиоактивных индикаторов в глине.
- **Эксперимент LTDE** (диффузия в долгосрочной перспективе). Цель – определить, насколько глубоко радиоактивные вещества способны проникать в трещины и поры пород (т.е. изучить потенциал горных пород к удержанию радионуклидов). Кроме того, полученные в ходе эксперимента данные используют для изучения процессов сорбции различных радионуклидов.
- **Проект Коллоид**. Изучение способности коллоидов переносить радионуклиды.

Литература к главе 13

1. World Nuclear Association, Storage and Disposal Options, Radioactive Waste Management Appendix 2 (Updated August 2013).
2. World Nuclear Association, National Policies Radioactive Waste Management - Appendix 3 (updated April 2013).
3. Siting a Deep Geological Repository for Spent Nuclear Fuel – a Technical Endeavour and a Social Challenge, Claes Thegerström, Tommy Hedman, Saida Laârouchi Engström and Olle Olsson, Swedish Nuclear Fuel and Waste Management Co.
4. OECD/NEA, Radioactive Waste Management Programmes in OECD/NEA Member Countries, Sweden, Profile, Organization for Economic Cooperation and Development/Nuclear Energy Agency, 2013.
5. Radioactive Waste Management Stakeholders Map in the European Union, Meritxell Martell & Gianluca Ferraro, European Commission Joint Research Centre Institute for Energy and Transport, Report May 2014.
6. OECD/NEA, Radioactive Waste Management Programmes in OECD/NEA Member Countries, Sweden, Report, Organization for Economic Cooperation and Development/Nuclear Energy Agency, 2013.
7. Geological disposal: overview of international siting processes, Nuclear Decommissioning Authority, UK, September 2013.
8. Geological Disposal: Study of Recent Post-Closure Safety Cases, NDA Report no. NDA/RWMD/109, March 2014.
9. Long-term safety for the final repository for spent nuclear fuel at Forsmark, Main report of the SR-Site project, Technical Report TR-11-01, March 2011.
10. Progress in Siting Nuclear Waste Facilities, Fuel Cycle Research and Development, Prepared for U.S. Department of Energy Nuclear Fuels Storage and Transportation Planning Project, Laura L. Price, Rob P. Rechard, Sandia National Laboratories, September 2014.
11. Swedish utilities face sharp hike in waste fee, World Nuclear News Organization, June 2014.
12. Repository application circulated for consultation, Stralsakerhetsmyndigheten, April 2014.
13. ASPO Hard Rock Laboratory, C. Svemar, S. Pettersson, T. Hedman, WM'03 Conference, February 23-27, 2003, Tucson, AZ.



14. Чехия

Стратегия обращения с ОЯТ

Прямое захоронение ОЯТ без предварительной переработки

Реестр РАО и ОЯТ (по состоянию на конец 2013 года)

Короткоживущие НАО и САО		АЭС Дукованы			АЭС Темелин			Всего	Другие установки		Всего
		1985-2025	2025-2035	2085-2094	2000-2042	2040-2047	2090-2095		1958-2000	2000-2095	
	Эксплуатация, м ³	10 250	-	-	12 000	-	-	32 907	2 800	5 700	8 500
	ВЭ, м ³	-	3 640	2 389	-	620	4 012				
	Среднегодовой объем, м ³	256	364	239	285	78	669	1 891	67	60	127
Долгоживущие НАО и САО, ОЯТ		АЭС Дукованы		АЭС Темелин		Всего	Другие установки		Всего		
		1985-2025	2025-2094	2000-2042	2090-2095		1958-2000	2000-2095			
		Эксплуатация, м ³	50	-	50	-	2 724	80	150	285	
		ВЭ, м ³	-	2 000	-	624		5	20		
	ОЯТ, т	1 937	-	1 787	-	3 724	0,2	0,3	0,5		

Проект по созданию пункта захоронения

Тип захораниваемых отходов	ОЯТ/ долгоживущие НАО и САО
Тип вмещающих пород	гранит/гнейс
Глубина захоронения, м	> 500
Возможность повторного извлечения отходов	не определено
Запуск программы НИОКР	1992 г.
Начало работ по поиску площадки	1992 г.
Текущий статус проекта	поиск площадки
Планируемая дата ввода в эксплуатацию	2065 г.
Плотность населения в стране (в районе размещения), чел/км ²	130
Право вето у местного населения	нет
Денежные выплаты муниципалитетам	да
Программа привлечения местного населения	разработана
Площадка расположена вблизи ядерных объектов	-

Подземная исследовательская лаборатория

Название	Josef Stola
Тип ПИЛ	ОН
Тип пород	гранит
Глубина, м	110
Период эксплуатации	-

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	SUJB — Государственное управление по ядерной безопасности (www.sujb.cz)
	Чешское горное управление (www.cbubsb.cz)



В настоящее время в Чехии действуют две атомные электростанции с шестью реакторными блоками: Темелин и Дукованы – четыре блока типа ВВЭР 440/213 (АЭС Дукованы) и два блока типа ВВЭР 1000/320 (АЭС Темелин). В целом на атомных станциях вырабатывается около 33% энергии в стране [1].



Рис. 14.1. Основные ядерные установки Чехии

14.1. Государственная политика в области обращения с РАО и ответственные ведомства

15 мая 2002 года Постановлением Правительства был принят основополагающий документ, утвердивший политику и стратегию государства в области обращения с РАО вплоть до 2025 года – «Политика обращения с радиоактивными отходами». Согласно этому документу, государство выступает гарантом обеспечения безопасного захоронения РАО. Все пункты захоронения РАО находятся в государственной собственности. Ведомством, ответственным за реализацию проектов по захоронению РАО, становится Управление по захоронению РАО (SURAО) – государственная организация, являющаяся оператором всех действующих на сегодняшний день пунктов захоронения НАО и САО, а также ведомством, ответственным за разработку проекта пункта глубинного захоронения ВАО и/или ОЯТ. Короткоживущие НАО и САО захораниваются в действующих приповерхностных пунктах захоронения. Согласно принятой политике, материалы обоснования безопасности по этим установкам подлежат периодическому пересмотру и оптимизации.

Захоронение в пункте глубинного захоронения рассматривается в качестве наиболее целесообразной стратегии обращения с долгоживущими НАО и САО, а также ОЯТ. До кондиционирования такие материалы будут храниться в местах своего образования или в установках SURAО. В то же время на данный момент активно ведутся исследования, призванные оценить перспективы переработки ОЯТ и использования новых передовых технологий переработки, позволяющих существенно снизить объемы образования ВАО и их токсичность.

Затраты на разработку проекта пункта геологического захоронения, а также на его сооружение, эксплуатацию и закрытие покрываются за счет средств из так называемого «Ядерного счета». Ядерный счет – это специальный фонд, созданный в соответствии с «Законом об атомной энергетике» и Постановлением Правительства и пополняемый благодаря регулярным отчислениям производителей РАО и оператора АЭС.

В табл. 14.1 приведен обзор стратегий по обращению с различными категориями радиоактивных отходов.



Табл. 14.1. Обзор стратегий по обращению с различными категориями РАО в Чехии

Категория РАО	Долгосрочная стратегия	Финансирование	Текущая практика/ действующие установки	Установки, запланированные к строительству
ОЯТ	Наиболее предпочтительный вариант – прямое захоронение, однако рассматриваются и иные альтернативы (переработка, региональные пункты захоронения) + переработка ОЯТ исследовательских реакторов	Ядерный фонд	Долгосрочное хранение/ пункты хранения на площадке АЭС Дукованы (ISFSF) и АЭС Темелин (SFSF) + переработка ОЯТ ИР в России и хранение ВАО, образовавшихся в результате переработки (NRI)	Пункт геологического захоронения
Эксплуатационные РАО	Захоронение в действующих ПЗ и проектируемом пункте геологического захоронения	Ядерный фонд	Захоронение в ПЗ на приреакторной площадке АЭС Дукованы + хранение в эксплуатационных системах АЭС	Пункт геологического захоронения
РАО других установок	Захоронение в действующих ПЗ и проектируемом пункте геологического захоронения	Ядерный фонд	Захоронение в ПЗ (Дукованы, Ричард, Братислава) и хранение (ÚJV Řež ¹)	Пункт геологического захоронения
РАО от ВЭ	Отложенный демонтаж блоков АЭС и немедленный ВЭ исследовательских реакторов, НАО и САО будут захоронены в ПЗ Дукованы и/или в пункте геологического захоронения	Фонд по ВЭ	Актуализация планов по ВЭ (на данный момент все ядерные установки – блоки АЭС, исследовательские установки и пункты хранения – находятся в эксплуатации)	Пункт геологического захоронения
Отработавшие ЗРИ	Размещение в действующих пунктах захоронения и проектируемом пункте геологического захоронения, возврат в страну-поставщика	Ядерный фонд	Хранение и захоронение в действующих пунктах захоронения (Дукованы, Ричард, Братислава)	Пункт геологического захоронения
Горнодобывающая промышленность и хвостохранилища	Реабилитация урановых хвостохранилищ	Государственный бюджет	Реабилитация площадки Стражпод-Ральскем и эксплуатация хвостохранилищ на площадке Rožná (Дольни Рожинка)	Нет

Чехия



На рис. 14.2 представлена схема взаимодействия заинтересованных сторон в рамках проекта по созданию пункта геологического захоронения РАО в Чехии:

- Правительство Чехии определяет национальную политику государства в области обращения с РАО и стратегию в области захоронения РАО.
- SURAO – государственная организация, учрежденная в 1997 году Министерством торговли и промышленности. SURAO является оператором всех чешских пунктов захоронения НАО и САО, а также несет ответственность за разработку проекта по захоронению ВАО и ОЯТ. Деятельность SURAO финансируется из так называемого Ядерного фонда, формируемого за счет отчислений операторов ядерных установок. Управление фондом осуществляет Министерство финансов.

¹ Институт ядерных исследований Ржеж (с 1992 года – акционерное общество). В настоящее время компания главным образом ведет инженерную деятельность и прикладные исследования, предоставляя свои услуги в следующих областях: ядерная безопасность и надежность, технический инжиниринг и проектирование, эксплуатация атомных реакторов и т.п.



- CEZ – оператор АЭС Темелин и Дукованы несет ответственность за хранение РАО и обращение с ними до момента их передачи SURAO.
- SUJB (Государственное управление по ядерной безопасности) – регулирующий орган, осуществляющий надзор в области обеспечения ядерной безопасности и радиационной защиты, а также осуществляющий разработку нормативных документов в области использования атомной энергии и обращения с РАО.
- СМО (Управление горной промышленности) утверждает проекты строительства и эксплуатации пунктов захоронения и осуществляет надзор за обращением с РАО на таких установках в контексте требований горного законодательства.
- Рабочая группа по обсуждению вопросов глубинного захоронения РАО – была создана в 2010 году в целях организации совместного обсуждения вопросов глубинного захоронения со всеми заинтересованными сторонами (представители муниципалитетов-кандидатов, Правительства (Министерства промышленности и торговли и Министерства охраны окружающей среды), Парламента, SURAO, SUJB, а также национальных и региональных негосударственных организаций) и повышения прозрачности процесса принятия решений по вопросу о выборе площадки для строительства пункта захоронения.

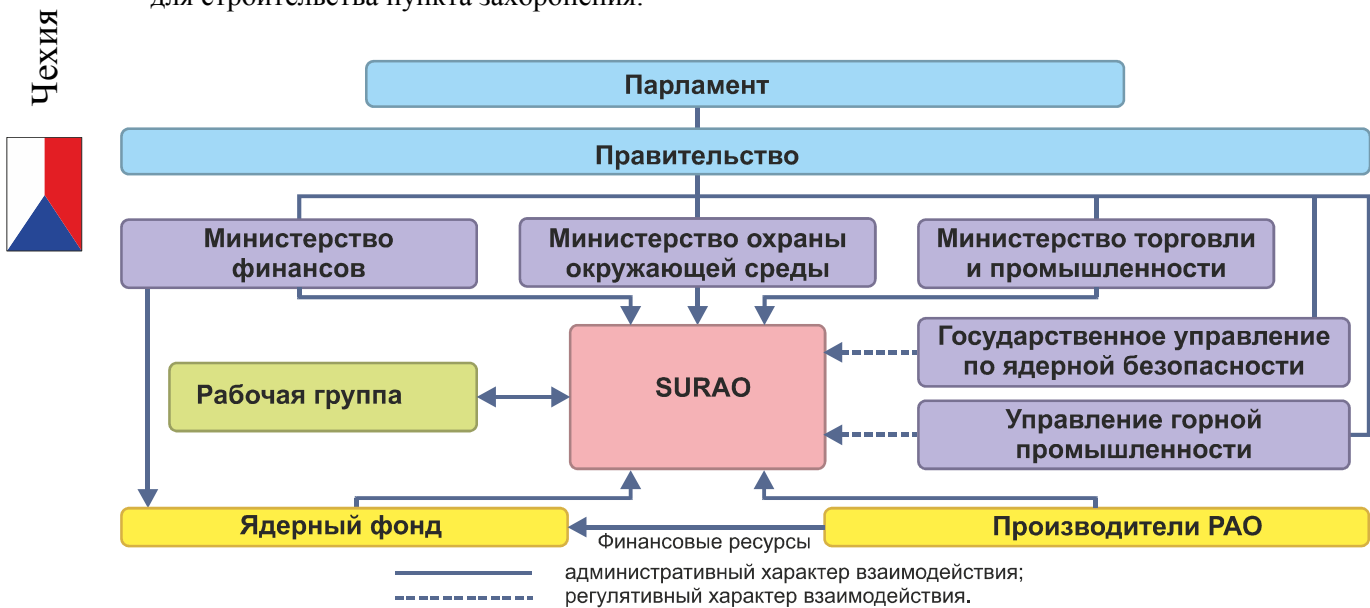


Рис. 14.2. Взаимодействие заинтересованных сторон в рамках проекта по созданию пункта захоронения РАО в Чехии

14.2. Классификация и реестр РАО

Согласно положениям закона «Об атомной энергетике», РАО – это вещества, предметы или оборудование, содержащие радионуклиды или загрязненные радионуклидами и дальнейшее использование которых не предусмотрено. Согласно Указу № 307/2002 «О радиационной защите», все РАО делятся на три категории в зависимости от физического состояния: газообразные, жидкие и твердые. Твердые радиоактивные отходы, в свою очередь, делятся еще на три класса: отходы промежуточного типа, высокоактивные и низко- и среднеактивные РАО [1,2].

- ТРО промежуточного типа – это РАО, уровень радиоактивности которых после краткосрочного хранения (до пяти лет) не превысит уровней освобождения;
- высокоактивные ТРО – это РАО, уровень тепловыделения которых в результате радиоактивного распада необходимо учитывать при хранении и захоронении таких отходов;
- низкоактивные и среднеактивные ТРО разделяют на две подкатегории. Первая подкатегория – короткоживущие отходы (НСАО-КЖ), содержащие радионуклиды с периодом полураспада менее 30 лет (включая Cs-137) при условии, что удельная активность долгоживущих альфа-излучателей в таких отходах не превышает 4000 кБк/кг для отдельной упаковки с отходами и 400 кБк/кг для всего объема отходов, произведенных за календарный год. Вторая подкатегория – долгоживущие низко- и среднеактивные ТРО – т.е. НСАО, не отвечающие требованиям, предъявляемым к первой подкатегории.



Также согласно чешскому законодательству отдельно выделяют категорию очень низкоактивных РАО (ОНАО) и категорию РАО, содержащих радиоактивный материал природного происхождения (РМПП). Содержание радионуклидов в таких РАО превышает или близко к предельным значениям, при которых санкционированы их сброс или выброс в окружающую среду.

Что касается ОЯТ, то, согласно Закону об атомной энергетике, ОЯТ не рассматривается в качестве радиоактивных отходов до тех пор, пока собственник ОЯТ или Государственное управление по ядерной безопасности не объявит их таковыми.

Короткоживущие низко- и среднеактивные РАО (НСАО-КЖ)

Большая часть РАО, образующихся в Чехии, относится именно к категории короткоживущих НАО и САО. Основными источниками образования жидких и твердых форм НСАО-КЖ являются эксплуатация и вывод из эксплуатации атомных реакторов, а также использование источников ионизирующего излучения в медицине, науке и промышленности.

В сводной таблице к разделу представлен реестр НСАО-КЖ: объемы эксплуатационных РАО и отходов, которые, согласно прогнозам, образуются в результате вывода из эксплуатации реакторных блоков АЭС Дукованы и Темелин, а также среднегодовые объемы образования РАО за указанный период [1].

Долгоживущие низко- и среднеактивные РАО (НСАО-ДЖ)

Долгоживущих НСАО образуется значительно меньше, чем короткоживущих. Сложность заключается в том, что большая часть этих РАО не может быть захоронена в имеющихся на сегодняшний день приповерхностных пунктах захоронения. В будущем такие РАО планируется разместить в пункте геологического захоронения, а пока НСАО-ДЖ хранятся в переработанном виде в местах своего образования. Также небольшие объемы НСАО-ДЖ размещены в пунктах хранения чешского Управления по захоронению РАО (SURA) [1].

Отработавшее топливо и высокоактивные отходы

Согласно чешскому законодательству, ОЯТ не рассматривается в качестве радиоактивных отходов до тех пор, пока его собственник или Государственное управление по ядерной безопасности не признает ОЯТ радиоактивными отходами. Компания CEZ, являющаяся оператором всех АЭС Чехии, приняла концепцию открытого топливного цикла, согласно которой ОЯТ не перерабатывается с целью восстановления материалов, пригодных для повторного использования, а хранится на приреакторных площадках. По этой причине в Чехии вообще нет РАО, образующихся от переработки ОЯТ, на которые в других странах приходится основная часть образующихся высокоактивных отходов.

В сводной таблице к разделу представлен реестр НСАО-ДЖ и ОЯТ. В таблицу не включены прогнозные данные по объемам образования РАО и/или ОЯТ в случае ввода в эксплуатацию новых реакторных блоков, а также по объему ВАО в случае перехода к политике переработки ОЯТ [1].

Обращение с НАО и САО

Политика в области обращения с НАО и САО предусматривает их обязательное захоронение в существующих пунктах захоронения в том случае, если данные РАО удовлетворяют критериями приемлемости. В противном случае такие отходы подлежат хранению до момента ввода в эксплуатацию пункта геологического захоронения. Ответственность за предварительную обработку отходов, их переработку и кондиционирование несут сами производители отходов. Для захоронения НАО и САО используются 200-литровые бочки из оцинкованной стали. Концентраты ЖРО, образующиеся в ходе эксплуатации АЭС, подлежат битумированию, а ЖРО, поступающие с установок, не относящихся к атомно-энергетическому комплексу, и исследовательских реакторов, цементируют. Отработанные ионно-обменные смолы с АЭС иммобилизуют в алюмосиликатной матрице. ТРО компактируют или захоранивают без предварительной обработки.

Объемы образующихся долгоживущих НАО и САО сравнительно невелики. Однако большая их часть не может быть захоронена в действующих пунктах захоронения. Исключение составляют лишь небольшие количества долгоживущих отходов, содержащие радиоактивные материалы природного происхождения. Такие РАО окончательно изолируют в пункте захоронения Братислава. Остальные ДЖ НАО и САО хранятся в местах своего образования в ожидании открытия пункта геологического захоронения. Кроме того, небольшие количества таких отходов принимает на захоронение установка Ричард, находящаяся в ведении SURA.



Переходные РАО перерабатывают и хранят подобно другим НАО и САО, но после снижения их активности до допустимых значений их освобождают от регулирующего контроля, и они подлежат утилизации или захоронению на полигонах для нерадиоактивных отходов.

В Чехии имеется четыре пункта захоронения – три из них действующие и один был закрыт в 1997 году (табл. 14.2) [2].

Табл. 14.2. Пункты захоронения НАО и САО в Чехии

Характеристики	Пункт захоронения				
	Ричард	Братислава	Дукованы	Хостим	
Начало эксплуатации	1964 г.	1972 г.	1995 г.	1959 г. (по 1964 г.)	
Закрытие	Не ранее 2025 г.	Не ранее 2025 г.	2090 г.	1997 г.	
Глубина, м	70–90	>50	0	~30	
Заполнение, м ³	6 575	1 120	9 900	Галерея А	Галерея В
				120	200
Свободный объем, м ³	3 674	80	45 100	~240	~1000

Пункт захоронения короткоживущих НАО и САО Дукованы

Данный пункт захоронения, действующий с 1995 года, расположен на площадке одноименной АЭС. Изначально объект предназначался исключительно для захоронения РАО, образующихся в результате эксплуатации и ВЭ обеих чешских АЭС. Однако впоследствии в нем стали также размещать РАО с других установок, удовлетворяющие критериям приемлемости. При вместимости около 55 000 м³ пункт захоронения сможет принять все короткоживущие НАО и САО, которые, согласно прогнозам, образуются в будущем в ходе эксплуатации и выполнения работ по ВЭ обеих АЭС. По состоянию на конец 2012 года суммарная активность отходов, размещенных в этой установке, составила порядка $9,52 \cdot 10^{12}$ Бк [1, 2].

Пункт захоронения короткоживущих НАО и САО Ричард

Пункт захоронения Ричард, сооруженный в выработках бывшей известняковой шахты, находится приблизительно в ста километрах к северо-востоку от Праги. Площадка расположена на отметке 265 м выше уровня моря, а максимальная мощность слоя грунта над внутренними помещениями установки составляет 70 м. С 1964 года пункта окончательной изоляции Ричард используется для захоронения короткоживущих НАО и САО. Кроме того, некоторые его секции отведены под хранение ограниченных объемов долгоживущих НАО и САО, ЗРИ и других ядерных материалов, которые в конечном итоге планируется изолировать в пункте геологического захоронения. Полезный объем пункта захоронения составляет около 10 000 м³ и позволит разместить все короткоживущие НАО и САО, которые согласно прогнозам образуются до 2070 года. По состоянию на конец 2012 года суммарная активность долгоживущих РАО, имеющих в своем составе альфа-излучатели, составила $8,86 \cdot 10^{12}$ Бк при утвержденном лимите $2,00 \cdot 10^{13}$ Бк (44,3%) [3, 2].

Пункт захоронения РАО, содержащих радиоактивные материалы природного происхождения, Братислава

Пункт захоронения расположен в бывшей урановой шахте вблизи город Яхимов и используется для окончательной изоляции РАО, содержащих радиоактивные материалы природного происхождения, в состав которых в том числе входят и долгоживущие радионуклиды, например, ²²⁶Ra и уран. При общей вместимости установки в 1200 м³ на сегодняшний день свободными остаются всего около 80 м³. С 2012 года проводятся работы по герметизации камер объекта. Данные по суммарной активности материалов, захороненных в пункте захоронения Братислава, представлены в табл. 14.3.

Табл. 14.3. Суммарная активность материалов, захороненных в ПЗ Братислава

Радионуклид	Суммарная активность [Бк]	Утвержденный предел по активности [Бк]	%
²²⁶ Ra	$1,35 \cdot 10^{12}$	$5 \cdot 10^{12}$	27,0
U	$4,95 \cdot 10^{11}$	$2 \cdot 10^{12}$	24,75
²³² Th	$1,37 \cdot 10^8$	$3 \cdot 10^{12}$	0,004
Альфа-излучатели	$1,88 \cdot 10^{12}$	$1 \cdot 10^{13}$	18,8

Чехия





Обращение с ОЯТ

На данный момент хранение ОЯТ в Чехии осуществляется на трех площадках [2]:

- АЭС Дукованы: 4 бассейна выдержки ОЯТ вместимостью 699 ОТВС каждый (или 83 тонны); пункт промежуточного хранения ОЯТ вместимостью 5040 ОТВС (или 600 тонн), введенный в эксплуатацию в 1997 году, и пункт сухого хранения ОЯТ, работающий с апреля 2008 года, вместимостью 11172 ОТВС (или 1340 тонн);
- АЭС Темелин: 2 бассейна выдержки ОЯТ вместимостью 703 ОТВС (или 396 тонн) и пункт сухого хранения ОЯТ вместимостью 2888 ОТВС (или 1370 тонн);
- Исследовательский реактор Řež: бассейн выдержки ОЯТ исследовательских установок, пункт хранения ОЯТ и пункт хранения ВАО.

14.3. Проект создания пункта геологического захоронения ОЯТ

Программа НИОКР по созданию пункта геологического захоронения в Чехии стартовала в 1992 году и на первых порах осуществлялась в сотрудничестве со специалистами из Словакии. На основании имеющихся геологических данных были определены 30 площадок-кандидатов для строительства объекта окончательной изоляции, а к 1998 году их круг был сужен до 12. В 2003 году на 6 площадках во вмещающих породах из гранита стартовали предварительные геологические изыскания. Однако в 2005 году Правительству пришлось приостановить все работы из-за масштабных протестных акций. Результаты референдумов, проведенных в 2003–2005 гг. в целом ряде муниципалитетов показали, что местные жители в большинстве своем не поддерживали идею строительства пункта захоронения, а также выступали за усиление роли местных советов в принятии решений по вопросам обращения с РАО. На проведение НИОКР был наложен мораторий сроком не менее 5 лет. Однако, несмотря на это, уже в 2008 году по запросу Правительства SURAO занялось проведением теоретических исследований, основывающихся на анализе имеющихся геологических данных по пяти площадкам, расположенным на военных объектах страны. Результаты исследований подтвердили потенциальную пригодность двух площадок для сооружения ПЗ.

В 2010 году действие моратория на проведение НИОКР истекло, и SURAO запустил масштабную информационную кампанию в шести муниципалитетах, выбранных еще в 2003 году. В целях повышения прозрачности процесса принятия решений по программе захоронения РАО и поддержания эффективного диалога с заинтересованными сторонами в 2010 году была учреждена специальная рабочая группа (Рабочая группа по обсуждению вопросов глубинного захоронения РАО).

Следует отметить, что первая концептуальная модель будущего пункта захоронения была разработана еще в 1999 году, а в 2012 году концепция была актуализирована с учетом ряда изменений, внесенных в законодательные акты, текущей социально-экономической ситуации в стране, а также современного уровня развития технологий [2].

Осенью 2014 года Министерство охраны окружающей среды выдало SURAO лицензию на осуществление предварительных геологических изысканий на семи площадках-кандидатах, выбранных для строительства пункта геологического захоронения ВАО [4]. Данные исследования будут включать проведение измерений на поверхности и в приповерхностных слоях грунта, сбор данных и образцов горных пород с использованием неинтрузивных техник.

На данный момент SURAO занимается поиском подрядчика для проведения всех НИОКР, разработкой планов организации работ и анализом уже имеющихся данных и информации.

Хотя муниципалитеты приняли решение о выдвижении регионов для проведения предварительных исследований на добровольной основе, местные жители могут в течение 15 дней с момента принятия решения Министерством охраны окружающей среды обжаловать выданную SURAO лицензию.

SURAO отмечает, что каждой из 40 коммун, расположенных вблизи исследуемых площадок, будут ежегодно перечисляться средства в размере по 3,3 млн долларов на протяжении всего срока проведения геологических изысканий. Кроме того, в соответствии с требованиями чешского законодательства, жители коммун получают полную и всестороннюю информацию о проводимых работах, а также смогут повлиять на принятие решений по всем вопросам, касающимся создания пункта захоронения.

Представители SURAO отмечают, что окончательному выбору места размещения пункта захоронения будет предшествовать подробное геологическое исследование, всесторонний анализ





технико-экономических показателей, а также изучение социально-экономических аспектов и потенциального воздействия установки на окружающую среду.

Согласно текущим планам, пункт окончательной изоляции будет размещен в геологических формациях на глубине около 500 м. Строительные работы на площадке могут начаться не ранее 2050 года (табл. 14.4), а ввод установки в эксплуатацию состоится в 2065 году [4].

Табл. 14.4. Этапы реализации проекта по созданию пункта геологического захоронения РАО в Чехии

1990 г.	Геологический скрининг и определение 27 площадок-кандидатов
1998 г.	Внесение изменений в процедуру поиска площадок – определено 12 потенциальных площадок
2003 г.	Исследования на 11 площадках
2005 г.	Исследования на 6 площадках
2009 г.	Все 6 муниципалитетов отказались от дальнейшего участия в проекте
2018 г.	Выбор 2 площадок – основного и альтернативного вариантов
2025 г.	Проведение геологических и теоретических исследований, разработка проекта
2025–2050 гг.	Проведение исследований в подземной исследовательской лаборатории
2050–2060 гг.	Сооружение пункта захоронения
2065 г.	Начало захоронения отходов

Чехия



Литература к главе 14

1. OECD/NEA, Radioactive Waste Management Programmes in OECD/NEA Member Countries, Czech Republic, Profile, Organization for Economic Cooperation and Development/Nuclear Energy Agency, 2013.
2. Country Report Czech Republic, National Report on the Safety of Spent Fuel Management and on the Safety of Radioactive Waste Management, October 2014.
3. Hydraulic Cage Concept for Waste Chambers and its Technical Implementation for the Underground Richard Repository, Litoměřice, Czech Republic, B. Haverkamp, E. Biurrun, N.Muller-Hoeppe.
4. Site Studies begin for Czech Repository, World Nuclear News Organization, October 2014.
5. Radioactive Waste Management Stakeholders Map in the European Union, Meritxell Martell & Gianluca Ferraro, European Commission Joint Research Centre Institute for Energy and Transport, Report May 2014.
6. Towards implementation of transparency and participation in radioactive waste management programmes, ARGONA Final Summary Report, 2010.



15. Япония

Стратегия обращения с ОЯТ

Переработка

Реестр РАО (по состоянию на март 2011 года)

Категория РАО		Объем
ВАО (остеклованные)		1 703 канистр с остеклованными ВАО 308 м ³ ЖРО JAEA
РАО, производимые АЭС	Конструкции активной зоны реактора (НАО, обладающие достаточно высоким уровнем тепловыделения)	Регулирующие стержни – 8 590; Др. элементы: 47 471
	Низкоактивные отходы (НАО, обладающие достаточно низким уровнем тепловыделения)	504 297 бочек по 200 л на приреакторных площадках; 229 147 бочек по 200 л захоронено в пункте захоронения Роккашо
	ОНАО	1 670 т захоронено в пункте захоронения Токай
Долгоживущие РАО с низким уровнем тепловыделения		110 277 бочек по 200 л 3 908 м ³ ЖРО JAEA
РАО, содержащие уран		49 066 бочек по 200 л
РАО исследовательских установок		Около 560 000 бочек

Проект по созданию пункта захоронения

Тип захораниваемых отходов	ВАО и ТРУ РАО
Тип вмещающих пород	не определено
Глубина захоронения, м	> 300
Возможность повторного извлечения отходов	да
Запуск программы НИОКР	1976 г.
Начало работ по поиску площадки	2002 г.
Текущий статус проекта	поиск площадки
Планируемая дата ввода в эксплуатацию	не определено
Плотность населения в стране (в районе размещения), чел/км ²	337
Право вето у местного населения	да
Денежные выплаты муниципалитетам	да
Программа привлечения местного населения	разработана
Площадка расположена вблизи ядерных объектов	не известно

Подземная исследовательская лаборатория

Название	Мицунами	Хороноб	Тоно	Камаиши
Тип ПИЛ	ОН	ОН	ОН	ОН
Тип пород	гранит	осадочные породы	осадочные породы	гранит
Глубина, м	300	250	130	700
Период эксплуатации	с 2004 г.	с 2005 г.	1986 – 2004 гг.	1988 – 1998 гг.

Организационные аспекты

Орган государственного управления в области обращения с ОЯТ и РАО	МЕТИ — Министерство экономики, торговли и промышленности (www.meti.go.jp)
Организация, ответственная за реализацию проекта по захоронению ОЯТ и РАО (разработка проекта, НИОКР, лицензирование, строительство, эксплуатация)	NUMO — Японская организация по обращению с РАО (www.numo.or.jp)
Основные регулирующие органы	
Органы государственного регулирования безопасности в области атомной энергии	NRA — Агентство по ядерному регулированию (www.nsr.go.jp)
	JAEC — Комиссия по атомной энергии Японии (www.aec.go.jp)



Вплоть до 2011 года на японских АЭС вырабатывалось около 30% всей электроэнергии в стране. После аварии на АЭС «Фукусима-1» все реакторы были остановлены. На сегодняшний день в эксплуатации находятся 43 реактора суммарной мощностью 46 340 МВт [1].

Практически весь объем образующегося в Японии ОЯТ планируется перерабатывать на заводе Роккашо-Мура, строящемся в префектуре Аомори. Возведение завода началось еще в 1993 году, а его ввод в эксплуатацию был намечен на 1997 год. Однако из-за многочисленных проблем, возникших в ходе его сооружения, объект до сих пор не функционирует. Япония также исследует возможность прямого захоронения ОЯТ. Проводится оценка концепции CARE (Cavern Retrievable), предполагающей временное хранение ВАО и ОЯТ под землей с возможностью последующего извлечения, либо окончательного захоронения [2].

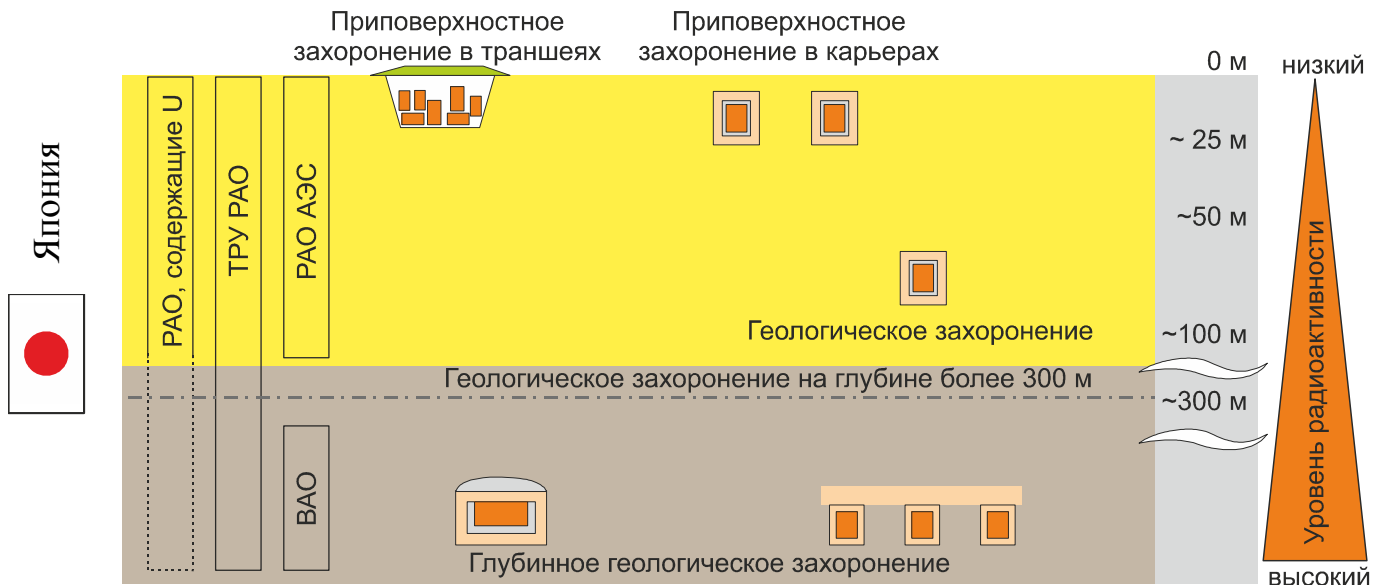


Рис. 15.1. Классификация методов захоронения различных типов РАО в Японии

До последнего времени ОЯТ перерабатывалось на заводе Токай, расположенном в префектуре Ибараки. В сентябре 2014 года JAEA объявило о закрытии завода к 2024 году. Опытная эксплуатация завода Токай, являющегося старейшей установкой по переработке ОЯТ в Японии, началась в 1977 году, а на полную мощность он вышел в 1981 году. В 2006 году контракт по переработке ОЯТ коммерческих реакторов, заключенный с Токай, был выполнен, и было принято решение о закрытии завода. В основном установка использовалась для переработки смешанного оксидного топлива (МОКС-топлива) с опытного усовершенствованного ядерного реактора на тепловых нейтронах Фуджен, остановленного в 2003 году. В общей сложности в Токае было переработано 1052 тонн ОЯТ. Решение о закрытии завода было принято в связи с тем, что затраты на проведение работ по модернизации и повышению уровня эксплуатационной безопасности в соответствии с современными требованиями оказались чрезвычайно высоки (около 915 млн долларов США). Новые нормы безопасности вступили в силу в конце 2013 года и предусматривают реализацию мероприятий и внедрение технологий по защите установок ядерного топливного цикла от опасных природных явлений (цунами, землетрясения, торнадо, извержения вулканов и лесные пожары). Так, на заводах по производству ядерного топлива необходимо обеспечить надлежащие условия и предусмотреть реализацию эффективных контрмер, гарантирующих надежное удержание радиоактивных материалов в случае аварий с возникновением критичности. Для установок по переработке ОЯТ необходимо обеспечить соблюдение не только вышеперечисленных условий, но и разработать контрмеры на случай террористических атак, взрывов водорода, пожаров, вызванных утечкой растворителей и испарением жидких отходов.

JAEA заявило о том, что в скором времени планируется закрыть лишь одну секцию завода, где производилось растворение ОЯТ. Вторая секция завода, где проводятся операции по обработке получившегося раствора, продолжит работу в течение следующих двадцати лет. За это время будет переработано все ОЯТ, находящееся на данный момент в хранилищах Токай. Кроме того, в пунктах хранения Токай до сих пор остается порядка 110 тонн непереработанного ОЯТ, которое планируется отправить на переработку за границу [3].



Что касается завода Роккашо, то в октябре 2014 года его ввод в эксплуатацию был снова отложен. В декабре 2013 года компания JNFL направила японскому регулятору заявку на получение лицензии на эксплуатацию. Для проведения проверок на соответствие установки нормам безопасности регулятору потребовалось существенно больше времени, чем планировалось изначально. В результате срок ввода в эксплуатацию был перенесен на март 2016 года. При этом ожидается, что на проектную мощность переработки (800 тонн в год) Роккашо выйдет лишь к 2019 году. Изначально пуск перерабатывающего завода был намечен на 1997 год. Однако в ходе проведения строительных работ возник целый ряд проблем – особенно при сооружении установки для остекловывания отходов, спроектированной компанией JNFL (технология аналогична используемой на заводе Ла Аг во Франции). В июне 2013 года компания Areva подписала стратегическое соглашение с JNFL о вводе перерабатывающего завода Роккашо в промышленную эксплуатацию. Areva обязалась обеспечить проведение всех пуско-наладочных работ, осуществить пуск установки и ее вывод на проектную мощность, а также оптимизировать производство [4].

15.1. Ответственные ведомства

На рис. 15.2 представлены основные заинтересованные стороны, участвующие в реализации программ окончательного захоронения РАО в Японии [5]:

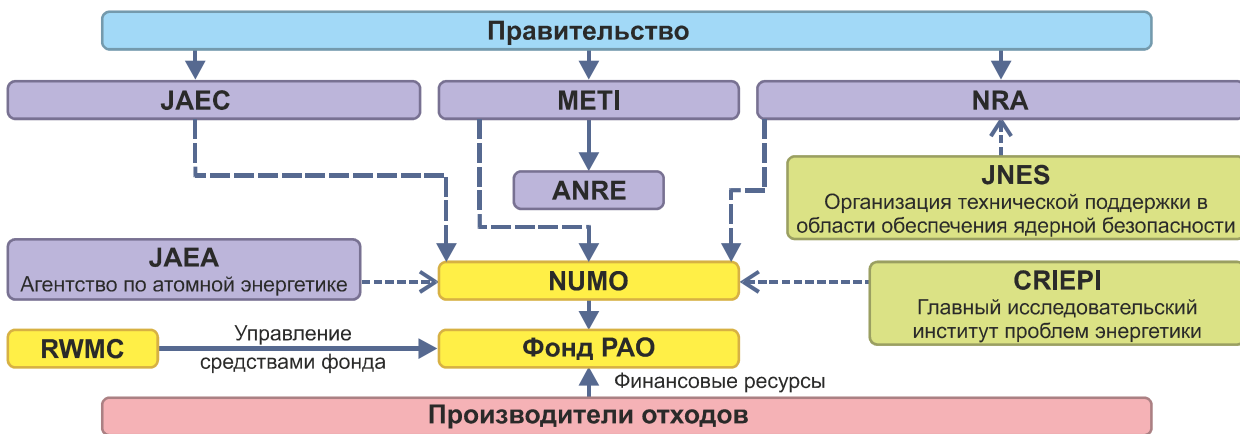


Рис. 15.2. Взаимодействие заинтересованных сторон в рамках реализации программы по созданию пункта геологического захоронения ВАО в Японии

- производители отходов несут ответственность, в том числе и финансовую, за обращение с отходами и их захоронение;
- Правительство несет ответственность за принятие мер, которые бы гарантировали выполнение операторами ядерных установок возложенных на них обязательств. Подобные меры включают разработку концепций захоронения, подтверждение безопасности концепций захоронения, а также выработку законодательных и иных механизмов, которые бы служили гарантией соблюдения обязательств по захоронению в долгосрочной перспективе;
- JAEC (Комиссия по атомной энергии Японии) ответственна за планирование, анализ и принятие решений о национальной политике Японии в области использования атомной энергии, включая НИОКР. В частности, JAEC осуществляет контроль за реализацией программы захоронения ВАО;
- NRA (Агентство по ядерному регулированию), учрежденное в сентябре 2012 года, было создано в связи с усилением контроля за атомной энергетикой после аварии на АЭС «Фукусима-1». На NRA были возложены функции по управлению в области ядерного регулирования и контролю за обеспечением ядерной безопасности, которые раньше выполняла ныне упраздненная Комиссия по ядерной безопасности (NRC);
- NUMO (организация по обращению с РАО) – негосударственная организация, ответственная за проведение всех работ по окончательной изоляции РАО, в том числе за разработку проекта захоронения и организацию деятельности по выбору площадки для строительства такого объекта. Операторы ядерных установок финансируют деятельность NUMO по проектированию установки, поиску площадки для строительства пункта захоронения и его эксплуатации (Фонд РАО);
- METI (Министерство экономики, торговли и промышленности) – это орган, осуществляющий функции государственного управления в области использования атомной энергии. Входящее в



состав МЕТИ Агентство по ядерной и промышленной безопасности регулирует вопросы обеспечения безопасности на АЭС, промышленных установках ЯТЦ и объектах, осуществляющих обращение с РАО. МЕТИ ежегодно пересматривает размер отчислений, уплачиваемых операторами ядерных установок в Фонд РАО;

- ANRE (Управление природных ресурсов и энергетики) несет ответственность за разработку политики в области обращения с РАО;
- RWMC (Центр по исследованиям и финансированию в области обращения с РАО) – независимый орган, осуществляющий управление Фондом РАО.

15.2. Классификация и реестр РАО

Японская система классификации предусматривает деление РАО на две основные категории в зависимости от уровня активности: высокоактивные РАО и низкоактивные РАО [5, 6].

В законе «О регулировании источников ядерных материалов, ядерного топлива и ядерных реакторов» представлены верхние пределы по концентрациям радионуклидов, присутствующих в отходах. Эти значения были определены на основании сведений, представленных в докладе Управления по надзору в сфере ядерной безопасности, и используются операторами при подготовке заявок на получение лицензий [5].

Высокоактивные отходы (ВАО) – это высокоактивная жидкость, образующаяся при переработке ОЯТ, а также остеклованные формы отходов, образующиеся в результате отверждения ЖРО, содержащие значительные количества продуктов деления и актинидов.

НАО – это РАО, не являющиеся ВАО, которые, согласно принятой системе делятся на четыре категории:

1. НАО, образовавшиеся в результате эксплуатации АЭС;
2. Долгоживущие тепловыделяющие НАО (ТРУ РАО) – РАО, образующиеся в результате переработки ОЯТ и производства МОКС-топлива, содержащие радионуклиды с атомным номером выше 92 (нептуний, плутоний, америций и т.д.);
3. НАО, содержащие уран – РАО, образующиеся на установках по производству ядерного топлива и обогащению урана и содержащие долгоживущие радионуклиды урана, а также продукты его распада;
4. НАО, образующиеся на исследовательских установках.

РАО, производимые АЭС, разделяются на три категории:

1. РАО конструкций активной зоны реактора с достаточно высоким уровнем тепловыделения;
2. РАО с достаточно низким уровнем тепловыделения;
3. РАО с очень низким уровнем активности, при котором допускается их окончательная изоляция в приповерхностных пунктах захоронения траншейного типа (использование ИББ в конструкции пунктов захоронения и предварительная инкапсуляция РАО не предусмотрены).

Реестр накопленных РАО каждой категории приведен в табл. 15.1.

Табл. 15.1. Реестр накопленных РАО по состоянию на март 2011 года

Категория РАО		Объем РАО (по состоянию на март 2011 года)
ВАО (остеклованные)		1 703 канистр с остеклованными ВАО 308 м ³ ЖРО
РАО, производимые АЭС	Конструкции активной зоны реактора (НАО, обладающие достаточно высоким уровнем тепловыделения)	Регулирующие стержни – 8 590; Другие элементы: 47 471
	Низкоактивные отходы (НАО, обладающие достаточно низким уровнем тепловыделения)	504 297 бочек по 200 л на приреакторных площадках; 229 147 бочек по 200 л захоронено в ПЗ Роккашо
	ОНАО	1 670 т размещено в ПЗ Токай
Долгоживущие РАО с низким уровнем тепловыделения		110 277 бочек по 200 л 3 908 м ³ ЖРО
РАО, содержащие уран		49 066 бочек по 200 л
РАО исследовательских установок		Около 560 000 бочек





Программа обращения с НАО

С 1992 года в префектуре Амори вблизи деревни Роккашо действует центр по захоронению НАО, принадлежащий компании Japan Nuclear Fuel Limited (JNFL). Регулятор одобрил захоронение в Роккашо порядка 400 000 бочек с РАО, а по состоянию на конец 2011 года в установке размещено около 230 000 бочек с гомогенизированными и отверженными НАО [2, 5, 6]. В дальнейшем полезный объем установки планируется увеличить до 3 000 000 бочек.

Консультационный совет по разработке стратегии ядерно-топливного бек-энда сейчас изучает возможность захоронения РАО, содержащих сравнительно высокие концентрации бета- и гамма-излучающих радионуклидов, например, регулирующих стрежней, выгорающих поглотителей и внутренних элементов реактора. В октябре 1998 года Консультационный Совет опубликовал результаты собственных исследований концепции подземного захоронения таких РАО на глубине 50–100 м. Затем регулятор представил доклад, содержащий основные требования к политике регулирования в данной области, а также значения предельных концентраций радионуклидов в захораниваемых таким способом РАО. Начиная с 2002 года, после окончания предварительного этапа изысканий JNFL проводит детальные исследования геологических и гидрогеологических характеристик на площадке Роккашо, результаты которых должны стать основой для проектирования нового пункта захоронения [2, 6].

Обращение с ОЯТ

Требование к созданию мощностей для промежуточного хранения ОЯТ было закреплено в поправке, внесенной в 2000 году в закон «О регулировании источников ядерных материалов, ядерного топлива и ядерных реакторов». После чего в марте 2007 года компания RFC (“Recyclable-Fuel Storage Company”) – совместное предприятие, учрежденное в 2005 году операторами японских АЭС ТЕРСО и JAРС – подало МЕТІ заявку на строительство и эксплуатацию Центра хранения перерабатываемого ОЯТ в городе Мутсу (префектура Амори) – первого в Японии автономного (то есть, не находящегося на площадке АЭС) пункта хранения ОЯТ. Согласно проекту, объект сможет принять на сухое хранение ОЯТ, произведенное реакторами BWRs и PWRs и упакованное в металлические контейнеры. Общая вместимость установки составит порядка 3 000 тонн урана. Строительство объекта началось в 2010 году после получения всей разрешительной документации.

В декабре 2013 года вступили в силу новые требования безопасности NRA для установок ЯТЦ, включая пункты хранения ОЯТ. В январе 2014 года RFC направила на рассмотрение регулятору заявку на повторное рассмотрение проекта будущего пункта захоронения в Мутсу. Ожидается, что ввод объекта в эксплуатацию состоится в октябре 2016 года.

Обращение с ВАО

До создания пункта захоронения ВАО их промежуточное хранение осуществляется на двух площадках: пункт хранения Роккашо (префектура Амори) и завод по остекловыванию РАО в Токае (префектура Ибараки). На март 2014 года в Роккашо было размещено 346 канистр с остеклованными ВАО при общей вместимости пункта хранения в 1 440 канистр, а в Токае – 415 м³ ЖРО и 247 канистр с остеклованными РАО (при общей вместимости хранилища в 420 канистр).

Программа по захоронению ТРУ РАО

В Японии основными источниками образования ТРУ РАО является перерабатывающий завод Токай и установки по производству МОКС-топлива. ТРУ РАО, образовавшиеся в результате переработки японского ОЯТ за границей, были остеклованы и возвращены в Японию. На данный момент регулятор разрабатывает основы политики по обращению с такими РАО и их захоронению [2, 6].

15.3. Статус проекта по созданию пункта глубинного захоронения

Впервые вопрос о захоронении РАО в Японии был поднят в 1970-е гг. (рис. 15.21). В течение следующего десятилетия был проведен ряд исследований целесообразности реализации данной концепции. В конце 1990-х с целью проведения всестороннего обсуждения проблем окончательной изоляции РАО была создана рабочая группа, в состав которой вошли инженеры, ученые, экономисты, политологи и представители антиядерных движений [7].

В 1990-е гг. был проведен анализ технической осуществимости проекта глубинного захоронения РАО в Японии, а в 1992 году опубликован отчет по предварительным результатам проведенного анализа. Второй отчет по технико-экономическому обоснованию проекта захоронения ВАО, вышедший в 1999 году, предлагал поэтапный процесс принятия решения в рамках программы захоронения ВАО с обязательным привлечением к участию в программе захоронения общест-



венности. В июне 2000 года Парламент Японии принял закон «Об окончательном захоронении РАО», предписывающий произвести глубинное геологическое захоронение ВАО (при этом под ВАО подразумевались исключительно остеклованные РАО, образовавшиеся в результате переработки ОЯТ). Для исполнения положений данного закона в 2002 году операторы ядерных установок учредили Организацию по обращению с РАО (NUMO). На данный момент NUMO осуществляет поиск потенциальной площадки для строительства пункта геологического захоронения (рис. 15.3). Ожидается, что окончательное решение по данному вопросу будет принято в 2023–2027 гг. [8].

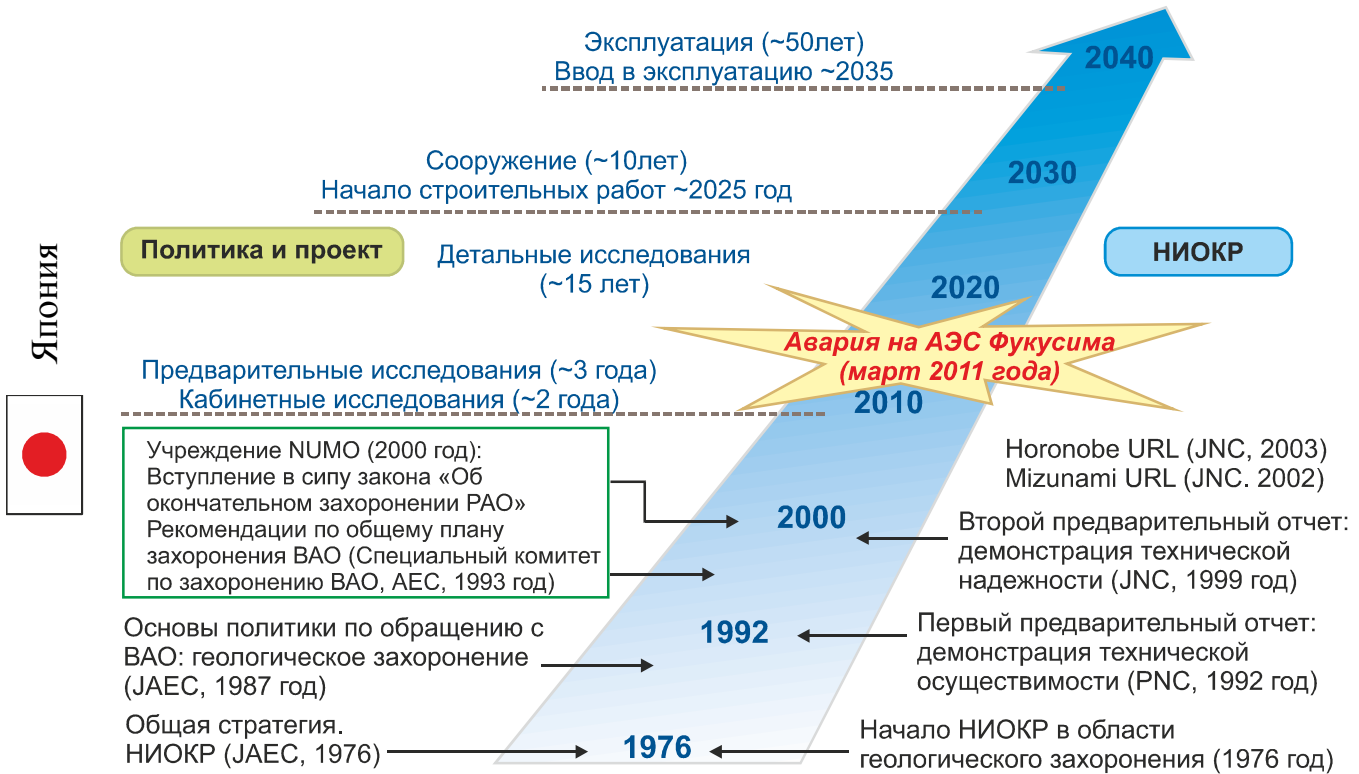


Рис. 15.2. Этапы разработки программы захоронения ВАО в Японии

Концепция захоронения

Основные положения японской концепции захоронения РАО приведены в Плане окончательной изоляции РАО, согласно которым проектируемая установка сможет вместить порядка 40 000 контейнеров с ВАО, что соответствует всему объему отходов этой категории, которые, согласно прогнозам, образуются в результате эксплуатации АЭС до 2020 года. При захоронении контейнеры с ВАО будут размещены на таком расстоянии друг от друга, чтобы выделяемое отходами тепло не оказывало существенного влияния на систему захоронения. Учитывая это требование, площадь, занимаемая зоной захоронения ВАО, может составить порядка 5–6 км².

Проектируемый объект также будет включать секцию для захоронения ТРУ РАО, рассчитанную на прием отходов суммарным объемом около 19 000 м³. Поскольку большая часть отходов этой категории характеризуется небольшим уровнем тепловыделения, то зона захоронения ТРУ РАО займет значительно меньшую площадь – около 0,25 км².

Принципиальная схема устройства инженерных барьеров безопасности для окончательной изоляции ВАО и ТРУ РАО представлена на рис. 15.3 и рис. 15.4 соответственно. В случае ВАО

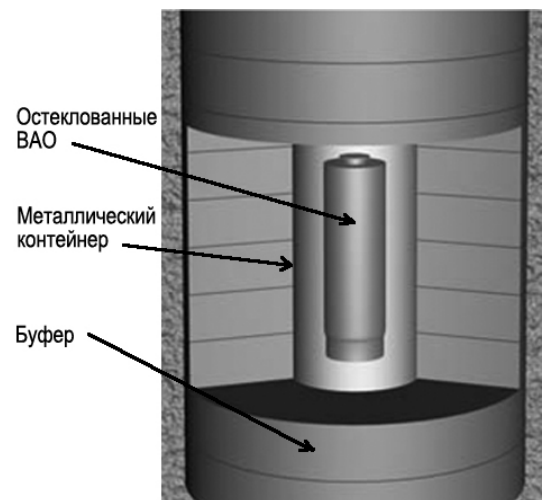


Рис. 15.3. Система инженерных барьеров безопасности при захоронении ВАО



остеклованные отходы поместят в металлический контейнеры, окруженные буфером из природного бентонита. Что касается ТРУ РАО, то конфигурация ИББ (форма отходов, буфер, засыпка) будет несколько различаться в зависимости от категории отходов.

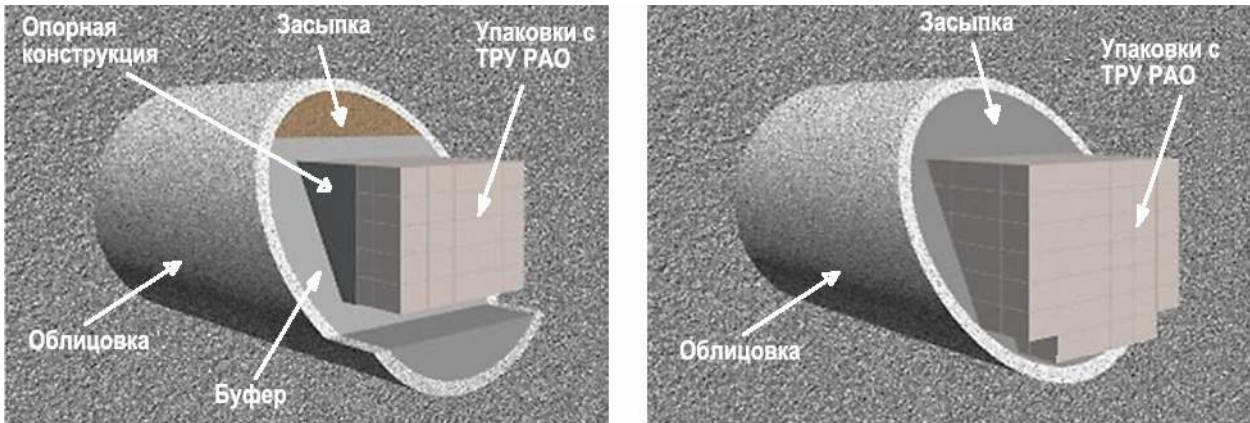


Рис. 15.4. Конфигурация инженерных барьеров безопасности при захоронении различных категорий ТРУ РАО (слева, относящихся к группам 1 и 2; справа – к группам 3 и 4)

Процесс выбора площадки

Процесс привлечения муниципалитетов к поиску площадки был инициирован в 2002 году: NUMO обратилась к ним с просьбой принять участие в проведении теоретических исследований, целью которых является составление перечня площадок-кандидатов для проведения предварительных исследований. В целом, согласно закону «Об окончательном захоронении», процедура выбора площадки для размещения пункта захоронения состоит из трех этапов: 1 – выбор участков для проведения предварительных исследований (УПИ), 2 – выбор участков для проведения детальных исследований (УДИ), 3 – выбор площадки для строительства установки (рис. 15.5) [7]. Таким образом, если в ходе анализа результатов первого этапа подтвердится тот факт, что в данной местности нет вулканической активности, активных разломов или других явлений геологии, из-за которых рассматриваемый участок не подходит для строительства объекта, можно будет перейти к следующим этапам – детальному исследованию и выбору площадки.

В 2007 году в закон «Об окончательном захоронении РАО» была внесена поправка, согласно которой не только ВАО, но ТРУ РАО подлежат захоронению в геологическом пункте захоронения.

В январе 2007 года первым муниципалитетом, изъявившим желание стать добровольцем для проведения теоретических исследований, стал город Тойо в префектуре Кочи. Заявка была подана мэром города. Однако мэр предварительно не оповестил о своем решении жителей города. В результате в апреле 2007 года были назначены досрочные выборы мэра, на которых победу одержал кандидат, выступивший против проведения теоретических исследований, и Тойо отказался от дальнейшего участия в процессе выбора площадки. В марте 2007 года еще один город – Минамиосуми в префектуре Кагошима попросил NUMO организовать консультации по вопросу о захоронении РАО. Однако губернатор выступил против проведения теоретических исследований в Кагошима, и мэру города Минамиосуми пришлось отозвать заявку. В декабре 2009 года мэром была предпринята очередная попытка инициировать проведение теоретических исследований. Однако и она провалилась из-за резкой критики этой идеи губернатором префектуры Кагошима.

К 2011 году заявки на участие в процессе выбора площадки подало еще несколько муниципалитетов, однако произошедшее в марте того же года сильнейшее в истории Японии землетрясение магнитудой 9,0 баллов заставило Правительство на некоторое время заморозить программу исследований. В течение следующих двух лет комитетами МЕТІ была проведена масштабная работа по пересмотру существующей процедуры поиска площадки для сооружения пункта геологического захоронения. Ниже приведены основные проблемы, обсуждавшиеся в ходе разработки новой стратегии.

Во-первых, многие эксперты отмечали, что одним из виновников медленной реализации проекта захоронения является сама организация по обращению с РАО – в целом можно констатировать, что NUMO и ее деятельность не вызывают доверия у общественности. Кроме того, землетрясение 2011 года лишь способствовало росту антиядерных настроений в стране. Остро встал вопрос: можно ли вообще, с учетом высокого уровня сейсмической активности, найти достаточно стабильные формации для строительства подобного объекта в Японии? Это, в свою очередь, за-





ставило экспертов задуматься о рассмотрении наряду с концепцией геологического захоронения ВАО и других альтернатив. В ходе рабочих заседаний многие специалисты высказывали мнение о том, что в целях повышения уровня общественного доверия целесообразно предоставить обществу право выбора между различными стратегиями обращения с РАО.

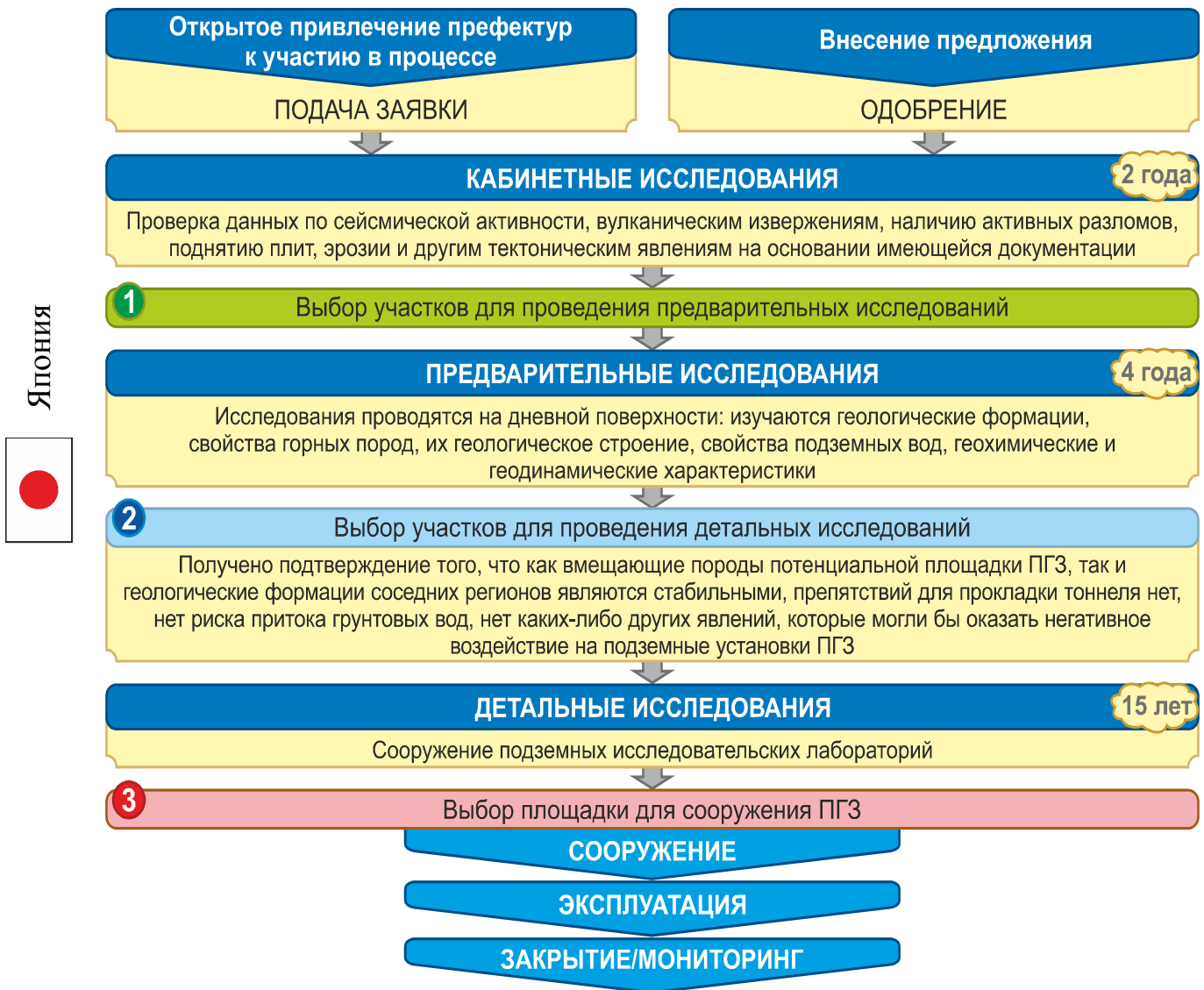


Рис. 15.5. Схема процесса выбора площадки для сооружения пункта геологического захоронения в Японии

Также в ходе заседаний МЕТІ был рассмотрен вопрос повторного извлечения отходов – соответствующее требование было решено закрепить законодательно. Такой подход к реализации программы захоронения, с одной стороны, позволит будущим поколениям самостоятельно принимать решения о стратегии обращения с РАО, а с другой – способствовать повышению уровня доверия общественности к разработчику проекта (NUMO).

В целях совершенствования процедуры выбора площадки за Правительством была закреплена новая функция – отныне оно имеет право самостоятельно запрашивать у муниципалитетов разрешение на участие в процессе выбора площадки. До этого применялся механизм открытого привлечения муниципалитетов, в основе которого лежало предположение о том, что вся территория Японии потенциально пригодна для строительства пункта геологического захоронения. Применение такого подхода, основывающегося на последовательном исключении не подходящих для строительства пункта захоронения регионов, а не на выборе тех, что удовлетворяют определенным критериям, привело к тому, что спустя несколько лет оказалось, что для сооружения установки потенциально подходит около 70% территории страны – невероятно большая цифра для Японии. Все это лишь способствовало росту недоверия населения к NUMO. В итоге за основу при разработке нового подхода к поиску площадки было решено взять концепцию OECD/NEA под



аббревиатурой EIC – «Engage, Interact, Cooperate» (от англ. «Привлекай, взаимодействуй, сотрудничай»). Отныне отбор площадок для участия в теоретических исследованиях производится при участии технического экспертного комитета на основании научных данных, а именно – факторов, определяющих степень геологической стабильности вмещающих пород на площадке. Кроме того, Правительство проводит информационные кампании и другие мероприятия в потенциальных муниципалитетах, призванные вовлечь местных жителей и представителей власти в обсуждение вопросов, связанных с захоронением РАО. До этого мэры муниципалитетов были обязаны самостоятельно информировать местных жителей о проекте захоронения, даже несмотря на то, что зачастую сами плохо разбирались в вопросах окончательной изоляции РАО.

Также следует отметить, что сумму денежных средств, перечисляемых муниципалитетам в счет вознаграждения за участие в теоретических исследованиях, было решено оставить неизменной. В последний раз она была пересмотрена в 2000 году – повысилась с 200 млн йен до 1 млрд йен. Эксперты сходятся во мнении, что предоставление фиксированных денежных выплат муниципалитетам принесет меньше пользы, чем вложение средств в развитие местной инфраструктуры.

В целом, после землетрясения 2011 года и аварии на АЭС «Фукусима-1» японцы стали куда пристальней следить за развитием событий в области атомной энергетики: они более критично относятся к заявлениям Правительства и в значительной степени утратили доверие как к операторам АЭС, так и к регулятору. Кроме того, большинство местных жителей до конца не верит в то, что муниципалитет сможет на любом этапе проведения исследований снять свою кандидатуру с дальнейшего рассмотрения.

Проблема обеспечения безопасности транспортировки отходов также требует дополнительного изучения. В Японии транспортировка РАО традиционно осуществляется по морю, так как АЭС располагаются в прибрежной зоне. Поэтому можно ожидать, что использование наземного транспорта спровоцирует новую волну недовольства среди жителей муниципалитетов, расположенных на пути следования. В этой связи особое внимание планируется уделить исследованию площадок, находящихся в прибрежной зоне.

Принятие решений местными органами власти

В Японии административно-территориальной единицей первого порядка является муниципалитет. Согласно процедуре принятия решений, утвержденной Правительством Японии, мнение мэров муниципалитетов и руководителей префектур необходимо учитывать на каждом этапе процесса выбора площадки. В том случае, если префектура или муниципалитет выступают против сооружения пункта захоронения, теоретические исследования в этой местности проводиться не будут [7].

Роль Правительства

Правительство участвует в процедуре принятия решений на каждом этапе процесса выбора площадки для строительства пункта захоронения. Однако в отличие от других стран, в целом ключевая роль в принятии решений отводится МЕТІ.

Роль разработчика (оператора)

NUMO с 2000 года занимается подготовкой проекта геологического захоронения ТРУ РАО и остеклованных ВАО и его реализацией [7].

Выгоды для местного населения

Изначально планировалось, что каждому муниципалитету будет перечислено по 200 млн йен в год за каждую площадку, предоставленную для проведения теоретических исследований. Однако в связи с тем, что муниципалитеты не проявляли заинтересованности в участии в процессе выбора площадки, эта сумма была увеличена до одного миллиарда йен.

Ожидаемые социально-экономические выгоды от строительства и эксплуатации пункта геологического захоронения ВАО включают: создание новых рабочих мест – как на самой площадке, так и в городе в связи с переездом головного офиса NUMO в муниципалитет, где будет построен пункт захоронения; получение новых заказов местными предприятиями, что также будет способствовать созданию новых рабочих мест. Кроме того, в бюджет будут поступать средства от уплаты налога на имущество в размере 2,9 млрд йен в год. Для предоставления социально-экономических выгод на этом этапе NUMO предлагает [7]:

- переместить все свои офисы в муниципалитет, выбранный для строительства пункта захоронения;
- содействовать трудоустройству в регионе путем оказания преференций местным предприятиям в части рынка сбыта;
- развивать региональный промышленный сектор.



15.4. ПИЛ в Японии

В Японии действуют четыре подземные исследовательские лаборатории, их эксплуатацией занимается Японское агентство по атомной энергии (JAEA) [9].

ПИЛ Мицунами (префектура Гифу, центральная Япония). Исследования проводятся на глубине 300 м, строительные работы продолжаются на глубине 500 м, планируемая глубина проведения НИОКР – 1000 м. Вмещающие породы – гранит. Строительные работы начались в 2002 году. В совместных исследованиях участвуют Корея, Швейцария, США.

ПИЛ Хоронобе (префектура Хоккайдо, северная Япония). Глубина – 140–250 м, планируемая глубина проведения НИОКР – 500 м. Вмещающие породы – осадочные. Лаборатория включает две установки: ENTRY (промышленная установка для проведения исследований и испытаний); QUALITY (экспериментальная установка для количественной оценки миграции радионуклидов). Основные направления НИОКР: повышение надежности технологий захоронения РАО и разработка современных методов оценки безопасности. В совместных исследованиях участвуют Франция и Швейцария.

ПИЛ Тоно (префектура Гифу, центральная Япония). Глубина – 130 м, Вмещающие породы – осадочные. Бывший урановый рудник (1986-2004 гг.). В совместных исследованиях участвуют Франция и Швейцария.

ПИЛ Камаиши (префектура Ивате, северо-восточная часть Японии). Глубина – 300–700 м. Вмещающие породы – граниты. Бывший рудник по добыче железной и медной руды (1988–1998 гг.). В исследованиях участвует Швейцария.

Литература к главе 15

1. Japan, Country Nuclear Power Profiles, IAEA, 2015.
2. OECD/NEA, Radioactive Waste Management Programmes in OECD/NEA Member Countries, Japan, Profile, Organization for Economic Cooperation and Development/Nuclear Energy Agency, 2011.
3. Tokai reprocessing plant to shut, World Nuclear News Organization, September 2014.
4. Rokkasho start up delayed to 2016, World Nuclear News Organization, November 2014.
5. National Report of Japan for the Fifth Review Meeting of the Joint Convention on the Safety of Spent Fuel Management and on the Safety of Radioactive Waste Management, October 2014.
6. OECD/NEA, Radioactive Waste Management Programmes in OECD/NEA Member Countries, Japan, Report, Organization for Economic Cooperation and Development/Nuclear Energy Agency, 2011.
7. Geological disposal: overview of international siting processes, Nuclear Decommissioning Authority, UK, September 2013.
8. Siting of Radioactive Waste Management Facilities in Japan and Switzerland, Fuchs Sarah, Research paper submitted to the Graduate School of Public Policy, The University of Tokyo in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Public Policy, International Program, 2014.
9. Underground Research Laboratories, OECD/NEA, Radioactive Waste Management, NEA/RWM/R (2013) 2, February 2013.





16. Международное сотрудничество в области геологического захоронения ОЯТ и РАО

16.1. Перспективы создания региональных и многонациональных пунктов геологического захоронения

В настоящее время деятельность государств по обращению с радиоактивными отходами и ОЯТ, включающая их сбор, обработку, промежуточное хранение и захоронение, реализуется в рамках национальных стратегий, утвержденных Правительством той или иной страны. Подобная тенденция в полной мере отражает тот факт, что вопрос обращения с радиоактивными отходами с политической точки зрения является крайне деликатным, что отнюдь не способствует развитию международного сотрудничества в этой области. Кроме того, такой подход согласуется с общепринятым принципом, согласно которому страна, производящая энергию на атомных электростанциях или получающая иные блага от использования ядерных технологий, должна нести полную ответственность за обращение с произведенными на ее территории радиоактивными отходами. Тем не менее, существует целый ряд стран, объемы образования радиоактивных отходов в которых настолько малы, что для них создание собственного пункта захоронения абсолютно нецелесообразно. Другие страны не обладают достаточными ресурсами или условия окружающей среды на их территории не позволяют реализовать проекты по созданию собственных пунктов захоронения. Для таких стран участие в международных проектах по созданию региональных или многонациональных пунктов захоронения может иметь огромные преимущества и позволит выполнить национальные обязательства по обеспечению окончательной изоляции радиоактивных отходов.

В рамках международного сотрудничества по созданию пунктов окончательной изоляции радиоактивных отходов выделяют три концепции захоронения [1]. Первая концепция – создание «многонационального пункта захоронения», предусматривает окончательную изоляцию отходов, образовавшихся в двух или более странах, в одной общей установке, размещенной на территории так называемой «принимающей страны». Таким образом, «принимающая страна» разрешает захоронение на собственной территории РАО, образовавшихся в других странах – «странах-партнерах». Помимо «принимающей страны» и «стран-партнеров» участие в таких проектах могут принимать и так называемые «третьи страны» (например, страны транзита радиоактивных отходов). Вторая концепция предусматривает создание «региональных пунктов захоронения». Такие пункты захоронения отличаются от многонациональных лишь тем, что «принимающая страна» и «страны-партнеры» должны находиться в одном географическом регионе мира. При этом концепция многонационального пункта захоронения, напротив, предусматривает возможность участия в совместном проекте любой страны вне зависимости от ее географии расположения. Последняя, третья концепция – «международный пункт захоронения» – отличается от предыдущих двух тем, что организация работ по захоронению радиоактивных отходов в такой установке поручена какой-либо международной организации, например, ООН.

Впервые исследование вопросов международного сотрудничества в области обращения с радиоактивными отходами было инициировано МАГАТЭ в 1975 году [1]. В рамках исследовательского проекта специалисты МАГАТЭ проанализировали различные аспекты применения многонационального подхода в контексте эксплуатации установок ядерного топливного цикла и создания совместного пункта геологического захоронения радиоактивных отходов: финансовые преимущества, достоинства с точки зрения обеспечения ядерной и радиационной безопасности и соблюдения ядерных гарантий. В итоге эксперты сошлись во мнении, что изученный подход имеет целый ряд преимуществ. С одной стороны, заключение межгосударственных соглашений можно рассматривать в качестве дополнительной гарантии в области нераспространения ядерного оружия. С другой стороны, такой подход обеспечит значительную экономию финансовых и эксплуатационных ресурсов. Отталкиваясь от выводов экспертов, в дальнейшем под эгидой МАГАТЭ был реализован целый ряд проектов по исследованию положительных и отрицательных аспектов международного сотрудничества, направленного на создание совместных пунктов геологического захоронения. За 40 лет, прошедших с момента проведения первого исследования в этой области, было приведено множество аргументов в пользу создания совместных пунктов захоронения, а выдвинутые концепции создания таких установок получили свое развитие в Технических документах МАГАТЭ [2, 3, 4, 5, 6]:

Тем не менее, несмотря на значительный интерес к концепции создания совместных пунктов захоронения, проявляемый международным сообществом в целом, каких-либо заметных практи-



ческих результатов достичь не удалось. Ни одно государство так и не изъявило желания стать потенциальной «принимающей страной». Кроме того, реализации таких программ во многом мешают определенные ограничения, накладываемые законодательством большинства стран в области захоронения отходов, импортированных из-за границы. К настоящему моменту специалистами МАГАТЭ разработан перечень сценариев, в соответствии с которыми подобные проекты могут быть реализованы в будущем при наличии необходимой политической и общественной поддержки [2, 6].

Первый сценарий – «дополнение». Страна, эксплуатирующая собственный пункт захоронения, на поздних этапах его эксплуатации позволяет произвести захоронение отходов, произведенных в других странах. Таким образом, инициатором подобного проекта является «принимающая страна», обладающая достаточными финансовыми и техническими ресурсами для реализации подобного проекта, а также благоприятными для сооружения установки условиями окружающей среды. В этом случае в качестве основного побудительного мотива для «принимающей страны» следует рассматривать финансовую выгоду.

Вторая группа сценариев – «сотрудничество», предполагающее участие «стран-партнеров» в разработке программы захоронения, начиная с самых ранних этапов. При этом между странами-партнерами заключается взаимное соглашение о сооружении совместного пункта захоронения в одной или нескольких странах-участницах, отказавшихся от идеи создания собственных пунктов захоронения. Сценарии типа «сотрудничество» можно разделить на три группы. К первой группе следует отнести случаи, когда несколько промышленно развитых стран, реализующих сравнительно небольшие программы в области использования атомной энергии, принимают решение о сотрудничестве в целях захоронения собственных радиоактивных отходов в «принимающей стране», способной удовлетворить всем необходимым техническим требованиям. В этом случае к основным стимулирующим факторам следует отнести желание минимизировать финансовые и иные ресурсы, необходимые для создания собственных пунктов окончательной изоляции. Идеальными кандидатами для реализации подобного сценария являются страны со сравнительно небольшими, но имеющими долгую историю программами в области использования атомной энергии, обладающие богатым опытом в сфере ядерных технологий, например, Бельгия, Италия, Нидерланды, Швейцария и т.п.

В рамках второй группы сценариев типа «сотрудничество» рассматриваются совместные проекты стран, обладающих небольшим реестром радиоактивных отходов, находящихся на различных этапах промышленного развития и оказывающих друг другу взаимную поддержку. При этом совместная работа группы стран должна в итоге привести к выявлению одной страны, которая в итоге будет обладать всеми необходимыми ресурсами для создания совместного пункта захоронения на своей территории.

Третья группа – создание совместного специализированного пункта захоронения, предназначенного для окончательной изоляции определенных видов отходов. В этом случае «принимающая страна» обязуется осуществлять захоронение РАО, импортированных из-за границы, в рамках либо коммерческого соглашения, либо соглашения о взаимном обмене различными видами РАО, например, осуществлять обмен тепловыделяющих отходов на трансураниевые отходы, характеризующиеся малым уровнем тепловыделения, или определенных объемов НАО и САО на ВАО.

Последний третий тип сценариев – «сотрудничество под эгидой наднациональной международной организации». Как следует из названия сценария, полную ответственность за эксплуатацию такого пункта захоронения несет какая-либо международная организация. Таким образом, «принимающая страна» уступает контроль за выбранной для строительства установки площадкой данной организации. Эксперты отмечают, что реализация третьего сценария крайне маловероятна, потому что подобная передача контролирующих функций является достаточно тонким моментом с точки зрения принятия политических решений. Наделение международной организации, например, МАГАТЭ, функциями оператора пункта захоронения идет вразрез с традиционной миссией этой организации, которая, скорее, заключается в осуществлении надзорных функций. В противном случае обязательно встанет вопрос о том, какой орган будет осуществлять надзор и контроль над деятельностью оператора.

В настоящее время именно второй сценарий, предусматривающий возможность сотрудничества «стран-партнеров», рассматривается в качестве наиболее жизнеспособного варианта, и именно эта стратегия изучается в рамках международных проектов по созданию региональных пунктов захоронения в Европе (проект ERDO), Юго-Восточной Азии (под эгидой Ассоциации государств Юго-Восточной Азии (ASEAN)), в Северной Африке и на Ближнем Востоке (проект MENA).



Предметно об идее создания совместного пункта окончательной изоляции РАО в Европе заговорили в конце 1990-х годов. В 2002 году организациями атомно-энергетического комплекса пяти стран (Бельгия (ONDRAF), Болгария (АЭС Козлодуй), Венгрия (PURAM), Япония (Obayashi Corporation) и Швейцария (Colenco Power Engineering)) была учреждена некоммерческая Ассоциация по региональному и международному подземному хранению Agius (Association for Regional and International Underground Storage) со штаб-квартирой в Бадене (Швейцария) [7]. Вскоре к Agius присоединились Голландия и Словакия. Основной целью работы Agius стало оказание содействия в разработке и продвижении концепции создания совместных (региональных и многонациональных) пунктов хранения и захоронения долгоживущих радиоактивных отходов, образовавшихся в тех странах, которые либо не желают, либо не могут создать собственные пункты хранения и захоронения в виду ограниченности имеющихся ресурсов. Таким образом, членство в этой организации может получить любая страна, осуществляющая сравнительно маломасштабную ядерную деятельность. Изначально Ассоциация уделяла основное внимание изучению вопросов создания региональных пунктов захоронения РАО в Европе. В 2002 году, согласно положениям Директивы Европейской Комиссии, концепция геологического захоронения радиоактивных отходов была признана наиболее предпочтительным способом их окончательной изоляции. Вместе с тем в тексте документа указывалось, что «концепция создания региональных пунктов захоронения при участии двух или более стран может иметь свои преимущества для государств, не имеющих собственных ядерных программ либо реализующих небольшие программы, обеспечив безопасное и менее дорогостоящее решение проблемы, способное удовлетворить все стороны» [7].

Основываясь на выводах экспертов МАГАТЭ, Agius запустила собственную кампанию по изучению возможности создания регионального пункта захоронения РАО в Европе. В середине 2003 года стартовал пилотный проект SAPIERR I (Support Action: Pilot Initiative on European Regional Repository), предварительно одобренный Европейской Комиссией и рассчитанный на два года. Участие в SAPIERR I приняла 21 организация из 14 европейских стран (Австрия, Бельгия, Болгария, Хорватия, Чехия, Венгрия, Италия, Латвия, Литва, Голландия, Румыния, Словакия, Словения и Швейцария). Координатором проекта выступил концерн DECOM (Словакия). На первом этапе были созданы рабочие группы и собрана необходимая информация о реестре накопленных РАО, прогнозных объемах накопления РАО, а также особенностях нормативно-правового регулирования в 14 странах. Результаты работ были опубликованы в форме двух отчетов: 1) по правовым аспектам регулирования деятельности в области обращения с РАО (транспортировка отходов, программы и политика обращения с РАО, законодательство в области использования атомной энергии, финансовые аспекты обращения с РАО и ОЯТ), и 2) по реестру радиоактивных отходов (статус атомно-энергетических программ, прогнозы дальнейшего развития отрасли, обзор политики обращения с РАО, а также прогнозные объемы накопления РАО в будущем). Таким образом, была предпринята попытка обобщить данные по общему реестру уже накопленных объемов и прогнозных объемов ОЯТ, ВАО и других долгоживущих радиоактивных отходов в европейских странах, участвующих в проекте. В ходе второго этапа на основе полученных данных эксперты провели анализ возможных проектных решений, определили примерный график выполнения работ и суммарные затраты на реализацию проекта [8].

На основании проведенного анализа было принято решение о рассмотрении двух основных концепций: создание пункта окончательной изоляции РАО в твердых или в осадочных породах с горизонтальным захоронением отходов. Что касается оптимального времени начала захоронения РАО, то эксперты сошлись на том, что открытие пункта захоронения к 2035 году позволит избежать необходимости создания пунктов хранения ОЯТ большой вместимости. Все остальные сроки отсчитывались от этой даты (рис. 16.1) [9].

В 2005 году проект SAPIERR I был завершен, а в сентябре 2006 года под эгидой ЕС стартовал новый проект SAPIERR II (Strategic Action Plan for Implementation of European Regional Repositories), задача которого состояла в анализе целесообразности создания региональных пунктов захоронения в Европе и подтверждении того факта, что сооружение 25-ти пунктов захоронения в Европе не является оптимальным способом окончательной изоляции ни с точки зрения финансовых затрат, ни с точки зрения обеспечения безопасности. Эти идеи были созвучны с предложениями, высказываемыми специалистами МАГАТЭ, России и США в рамках программы «Глобальное партнерство в ядерной энергетике», выступающими за международное сотрудничество в области атомной энергетики в целях содействия обеспечению глобальной безопасности.

Подведение итогов проекта SAPIERR II состоялось в Брюсселе в январе 2009 года при участии 50 организаций, представлявших интересы 21-ой страны. Итоговый отчет содержал основные



выводы экспертов, касающиеся организационных, правовых, экономических вопросов, возможности обеспечения безопасности захоронения РАО, в том числе и физической, а также отношения общественности к самой идее создания регионального пункта захоронения в Европе [9].

Так было положено начало созданию Европейской организации по разработке совместного проекта захоронения (ERDO). Первым шагом на этом пути стало учреждение в 2009 году рабочей группы (ERDO-WG), состоявшей из представителей заинтересованных стран, которая, основываясь на выводах, полученных в ходе реализации проектов SAPIERR, занялась разработкой организационной модели ERDO (рис. 16.2) [7]. Координатором проекта выступают специалисты COVRA (Нидерланды). Также в рабочую группу входят представители различных организаций атомно-энергетического комплекса и национальных агентств по обращению с РАО еще восьми стран (Австрия, Польша, Литва, Словакия, Болгария, Италия, Румыния, Словения) [7].

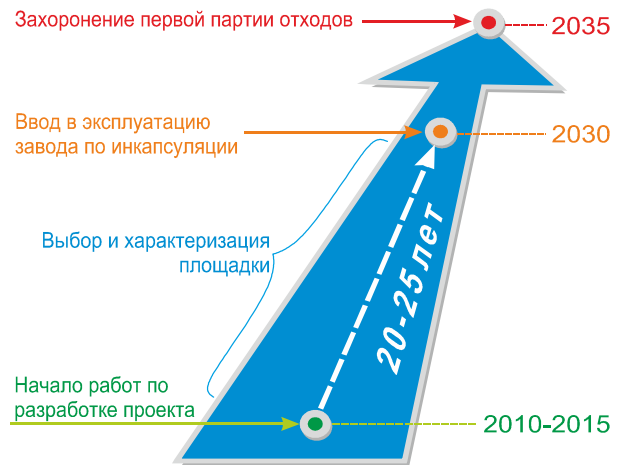


Рис. 16.1. Временные рамки реализации проекта создания европейского регионального пункта захоронения, согласно результатам проекта SAPIERR I

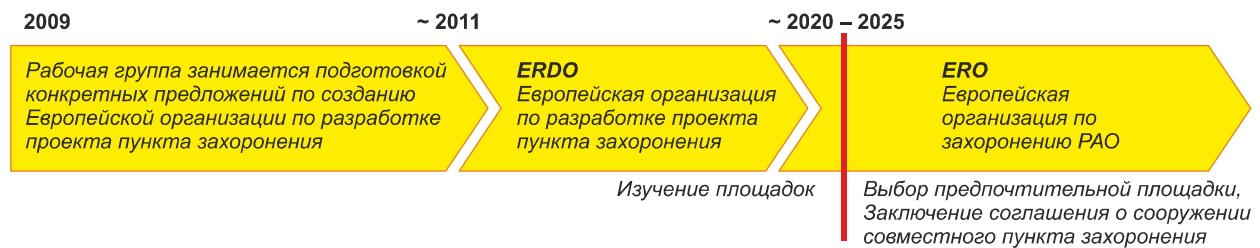


Рис. 16.2. Основные этапы реализации проекта Arius по созданию регионального пункта захоронения в Европе

К концу 2011 года Рабочая группа, возглавляемая представителями национальных агентств по обращению с РАО Голландии и Словакии, подготовила перечень документов, обрисовавших возможную структуру, методику работы и способы финансирования деятельности официального многонационального европейского агентства по обращению с РАО. Эти документы были переданы на рассмотрение Правительствам европейских стран, которые могли выразить заинтересованность в участии на следующих этапах данного проекта. Кроме того, соответствующие материалы были направлены в такие страны как Швеция, Финляндия и Франция, решившие придерживаться стратегии окончательной изоляции РАО в собственных пунктах захоронения. В 2012 году началось проведение обсуждений с потенциальными участниками проекта, и на данный момент положительные ответы получены уже от целого ряда стран [7].

В декабре 2013 года в Люксембурге состоялась встреча представителей рабочей группы по РАО Европейского атомно-энергетического форума (ENEF) и рабочей группы ERDO-WG, в ходе которой обсуждались возможности для оказания помощи государствам членам Евросоюза в соблюдении требований Директивы ЕС по РАО от 2011 года. Эксперты выразили серьезные опасения по поводу того, что целый ряд стран ЕС не обладает достаточными ресурсами для своевременного исполнения положений Директивы. Выходом из сложившейся ситуации может стать разработка совместной программы, направленной на обеспечение выполнения части требований Директивы. В итоге в июне 2014 года на суд Рабочей группы европейского парламента по ядерным вопросам был представлен проект организации сотрудничества в области исследований и разработок, направленных на выполнение требований Директивы ЕС 2011 (COMS-WD). Участие в разработке проекта документа приняли 10 стран: Нидерланды, Словения, Польша, Дания, Хорватия, Греция, Португалия, Италия, Австрия и Швейцария. В сентябре 2014 года проект документа был направлен на рассмотрение Еврокомиссии с намерением получения гранта в рамках Восьмой рамочной программы Европейского Союза по научно-технологическому и инновационному раз-



виту «Горизонт-2020», рассчитанной на период с 2014 по 2020 гг. и бюджетом 80 млрд евро. Однако проект был признан выходящим за рамки программы «Горизонт-2020» [10].

Составители проекта объясняют эту неудачу тем фактом, что одним из направлений деятельности, рассматриваемых в рамках проекта «Горизонт 2020», было проведение НИОКР по изучению вопросов создания пунктов глубинного геологического захоронения РАО в Европе. Однако по сути, предложения, выдвинутые в документе COMS-WD, скорее относятся к категории стратегического планирования работ по оказанию содействия странам-членам ЕС, испытывающим трудности с исполнением положений Директивы ЕС 2011. На данный момент работа ERDO-WG в этом направлении продолжается.

Помимо проекта ERDO Agius изучает возможность создания подобного совместного пункта захоронения в регионе Персидского залива, на Среднем Востоке, в Северной Африке и Юго-Восточной Азии. На данном этапе основная задача проводимых работ заключается в оценке заинтересованности различных стран, расположенных в каждом регионе, и выявлении потенциальных членов формируемой Региональной организации по захоронению, подобной ERDO. Первое такое исследование завершилось в 2011 году. В апреле 2012 года в Абу-Даби под эгидой Федеральной комиссии по ядерному регулированию (FANR) ОАЭ и МАГАТЭ состоялось первое заседание, посвященное обсуждению вопросов, связанных с созданием совместных пунктов захоронения, участие в котором приняли 35 организаций, занимающихся обращением с РАО. ОАЭ, имеющие наиболее амбициозные планы по развитию атомно-энергетической отрасли в данном регионе, заявили о своей приверженности стратегии обращения с РАО, предполагающей реализацию проектов создания собственных пунктов хранения и захоронения одновременно с изучением возможности регионального сотрудничества в этой области. Второе заседание, посвященное обсуждению темы создания региональных установок для окончательной изоляции РАО, прошло в Тунисе в ноябре 2012 года под эгидой Арабского агентства по атомной энергии с участием шести стран, включая ОАЭ и Саудовскую Аравию. Согласно последним оценкам, затраты на создание совместного регионального пункта захоронения в ближневосточном регионе могут составить порядка 4 млрд долларов. При этом потребность в захоронении РАО может возникнуть не раньше 2080 года [7].

По образцу проектов, реализуемых Agius в Европе и на Ближнем Востоке, может быть построена программа создания совместного пункта захоронения в Юго-Восточной Азии, интерес к которой проявляют как страны, только планирующие строительство АЭС (например, Малайзия и Индонезия), так и страны с развитой атомно-энергетической отраслью (Республика Корея и Тайвань) [7].

16.2. Соблюдение положений Конвенции Эспо при сооружении пунктов захоронения ОЯТ и РАО

Положения целого ряда международных конвенций распространяются на реализуемые во всем мире проекты глубинного геологического захоронения ОЯТ и РАО и регулируют целый ряд аспектов, в том числе вопросы перевозки отходов через международные границы и воздействия установок и связанной с ними деятельности на окружающую среду в трансграничном контексте (Конвенция об оценке воздействия на окружающую среду в трансграничном контексте), распространения информации о воздействии установок на окружающую среду (Орхусская Конвенция "О доступе к экологической информации, участии общественности в процессе принятия решений и доступе к правосудию по вопросам, касающимся окружающей среды"), а также безопасности обращения с ОЯТ и РАО (Объединенная конвенция о безопасности обращения с отработавшим топливом и о безопасности обращения с радиоактивными отходами) [11].

При создании пункта геологического захоронения воздействие установки на окружающую среду в трансграничном контексте является вопросом, требующим проведения консультаций с сопредельными государствами. Положения, закрепляющие это требование, содержатся в Конвенции об оценке воздействия на окружающую среду в трансграничном контексте – международном соглашении, инициатором заключения которого стала Европейская экономическая комиссия ООН. Оно было подписано в городе Эспо (Финляндия) в 1991 году и вступило в силу в 1997 году. Согласно положениям конвенции, в процедуре оценки воздействия на окружающую среду потенциально опасных объектов, способных оказывать значительное вредное трансграничное воздействие, должна участвовать не только страна, на территории которой реализуется такой проект, но и сопредельные государства. В соответствии с Конвенцией, процедура оценки должна проводиться на ранних стадиях планирования проекта. Причем общественности, в том числе и населению сопредельных государств, которые могут находиться в потенциальной зоне воздействия проектируемого объекта, должна быть предоставлена возможность высказать свои замечания по подготовлен-



ной оценке воздействия на окружающую среду. В Добавлении 1 к статье 3 Конвенции Эспо приведен перечень видов деятельности, в отношении которых применимы положения Конвенции. К объектам, способным оказывать значительное вредное трансграничное воздействие, причислены любые установки захоронения токсичных и опасных отходов [11, 12].

Подобные оценки воздействия на окружающую среду уже были проведены в Финляндии и Швеции, реализующих национальные проекты по созданию пунктов глубинного геологического захоронения ОЯТ. Так, например, в Финляндии требование относительно участия заинтересованных сторон из сопредельных государств в этом процессе прописано на уровне национального законодательства. В разделе 14 статьи 4 закона № 468 «О процедуре проведения оценки воздействия на окружающую среду» от 1994 года говорится, что в этом случае, ответственность за предоставление информации уполномоченным ведомствам сопредельных государств и проведение консультаций возлагается на Министерство охраны окружающей среды Финляндии. Так, национальное ведомство, занимающееся разработкой оценки воздействия проектируемого объекта на окружающую среду должно «своевременно направить соответствующее уведомление Министерству охраны окружающей среды, которое, в свою очередь, обязано разослать экземпляры этого уведомления Министерством иностранных дел сопредельных государств, потенциально подверженные воздействию данного объекта». Такое уведомление должно в частности содержать следующие сведения [13]:

- информацию о проекте;
- данные о воздействии проектируемого объекта на окружающую среду в трансграничном контексте;
- описание процедуры оценки и сведения о принятии любых решений, важных с точки зрения реализации проекта.

Кроме того, в тексте уведомления следует указать разумные сроки, в течение которых компетентные органы сопредельных государств, их граждане и иные представители заинтересованных организаций могут направлять свои комментарии и замечания Министерству охраны окружающей среды Финляндии. Помимо письменного уведомления Министерство охраны окружающей среды Финляндии или иное ведомство, уполномоченное Министерством, должно обеспечить возможность участия представителей государственных властей и других заинтересованных сторон из числа населения сопредельных государств в проведении общественных слушаний по рассмотрению результатов проведенной оценки воздействия на окружающую среду.

Подобные требования содержатся и в положениях шведского национального законодательства. Швеция завершила первый раунд консультаций с сопредельными государствами (с так называемой «группой прибалтийских стран») в 2008 году [14]. Во исполнение положений Конвенции Эспо, в декабре 2005 года Агентство по защите окружающей среды Швеции от лица компании SKB, ответственной за реализацию проекта глубинного геологического захоронения, направила письменное уведомление Министерством иностранных дел восьми сопредельных государств (Дания, Эстония, Финляндия, Латвия, Литва, Польша, Российская Федерация, Германия). В нем Министерство запрашивало согласие на дальнейшее участие этих стран в процессе оценки воздействия на окружающую среду трех установок: пункта промежуточного хранения ОЯТ (Clab), завода по инкапсуляции (Clink) и пункта глубинного геологического захоронения ОЯТ. Все страны за исключением Дании, Эстонии и Латвии выразили желание принять участие в дальнейших консультациях. В феврале 2008 года Агентство по защите окружающей среды Швеции передало соответствующую документацию Министерством иностранных дел Финляндии, Литвы, Польши, Российской Федерации и Германии. На тот момент площадка для строительства пункта захоронения еще не была окончательно утверждена – рассматривалось два потенциальных района: Форсмарк в муниципалитете Эстхаммар и Лексмар в муниципалитете Оскарсхамн. Основное внимание в этой документации было уделено вопросам воздействия трех запланированных к строительству объектов на окружающую среду территорий сопредельных государств, находящихся на побережье Балтийского моря. В состав документации вошли следующие материалы:

- предлагаемое оглавление готовящегося отчета по оценке воздействия системы окончательной изоляции ОЯТ на окружающую среду;
- обновленная версия документа «Завод по инкапсуляции и пункт окончательной изоляции отработавшего топлива»;
- материалы предварительной оценки безопасности и отдельные выдержки из материалов предварительной оценки долгосрочной безопасности системы захоронения (документ SR-Can), в которых основное внимание уделялось возможному воздействию установки на окружающую сре-

ду в трансграничном контексте в процессе строительства и эксплуатации объекта, а также после его закрытия. Предполагалось, что какое-либо воздействие на окружающую среду территорий сопредельных государств установка может оказать только в случае миграции радионуклидов из системы захоронения в окружающие ее грунтовые воды и воды Балтийского моря.

Представители уполномоченных организаций Финляндии, Литвы, Польши и Германии направили в Агентство по защите окружающей среды Швеции свои комментарии и вопросы по проекту. В основном в полученных комментариях были затронуты темы, связанные с риском и последствиями трансграничного распространения радиоактивных веществ в результате аварии и в долгосрочной перспективе (после закрытия пункта захоронения). Кроме того, стороны выразили желание провести совместное совещание для обсуждения материалов отчета по оценке воздействия проектируемых установок на окружающую среду после его публикации. На этом в декабре 2008 года завершился первый этап консультаций.

В марте 2011 года отчет по оценке безопасности пункта промежуточного хранения ОЯТ, завода по инкапсуляции и пункта глубинного геологического захоронения ОЯТ на окружающую среду был опубликован. Отдельный раздел отчета был посвящен вопросам воздействия установок на окружающую среду в трансграничном контексте. Согласно выводам экспертов, такое воздействие может быть оказано в случае, если радионуклиды мигрируют за пределы установки для промежуточного хранения ОЯТ и завода по инкапсуляции (Clink) или самого пункта захоронения, а также в результате аварии при транспортировке ОЯТ на завод по инкапсуляции. Информацию о том, какое количество радиоактивных веществ может попасть в окружающую среду в результате различных аварийных ситуаций на этапе эксплуатации установок, можно найти в отчетах по обоснованию безопасности системы транспортировки ОЯТ, установки Clink и пункта захоронения. В целом результаты проведенного анализа показывают, что расчетные индивидуальные дозы вблизи установок будут значительно ниже установленных предельных значений. Таким образом, риски, связанные с воздействием установок на окружающую среду в трансграничном контексте, отсутствуют [14].

Шведским регулирующим органом SSM установлено предельное значение по уровню риска: «После закрытия установки величина годового риска возникновения неблагоприятных последствий не должна превысить 10^{-6} для лица из группы, в наибольшей степени подверженной риску». При этом под «неблагоприятными последствиями» понимаются случаи возникновения онкологических заболеваний, а также наследственных пороков развития. Регулятор принимает данное значение эквивалентным дозовому пределу в $1,4 \cdot 10^{-2}$ мЗв/год, что составляет порядка одного процента от уровня естественного радиационного фона на территории Швеции. Результаты проведенной оценки долгосрочной безопасности проекта по созданию пункта окончательной изоляции ОЯТ в Форсмарке свидетельствуют о том, что уровень риска для лиц из группы, в наибольшей степени подверженной воздействию, не превысит установленного предела, а значит уровень риска для лиц, проживающих на большем расстоянии от установок, в частности, в других государствах, окажется еще ниже [14].

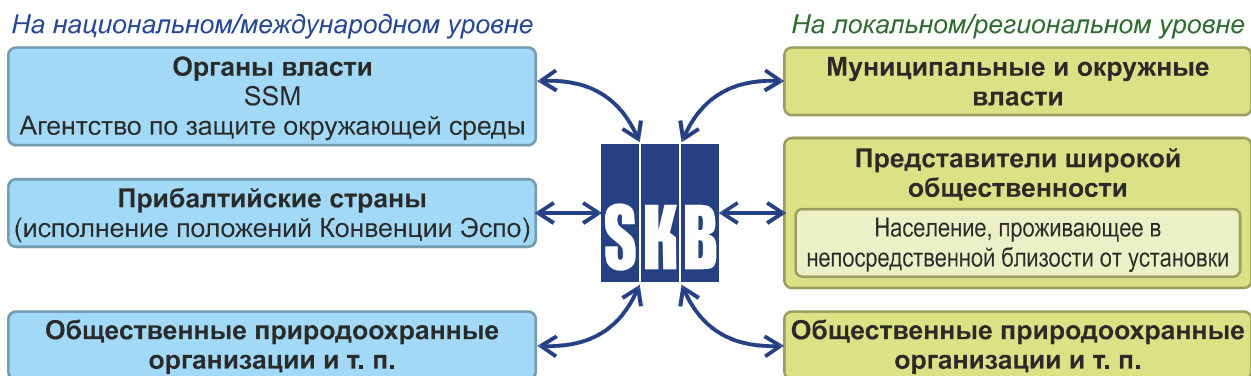


Рис. 16.3. Схема взаимодействия SKB с различными заинтересованными сторонами с учетом исполнения требований Конвенции Эспо

В 2013 году была инициирована процедура общественных слушаний по подготовленным материалам ОВОС. На данный момент SKB продолжает консультации с заинтересованными сторонами, в том числе и с представителями сопредельных государств во исполнение положений Конвенции Эспо (рис. 16.3).



Литература к главе 16

1. IAEA TECDOC 1413 «Developing Multinational Radioactive Waste Repositories: Infrastructural Framework and Scenarios of Cooperation», 2004.
2. Overview of the Multinational Collaborative Waste Storage and Disposal Solutions, Cristina Alice Margeanu, Institute for Nuclear Research Pitesti, Romania, 11th Radiation Physics and Protection Conference, Cairo, 25-28 November, 2012.
3. IAEA TECDOC 1021 «Technical, Institutional and Economic Factors Important for Developing a Multinational RW Repository», 1998.
4. IAEA TECDOC 1413 «Developing Multinational Radioactive Waste Repositories: Infrastructural Framework and Scenarios of Cooperation», 2004.
5. IAEA TECDOC 1482 «Technical, Economic and Institutional Aspects of Regional Spent Fuel Storage Facilities», 2005.
6. IAEA TECDOC 1658 «Viability of Sharing Nuclear Power Infrastructure between Countries», 2011.
7. International Nuclear Waste Disposal Concepts, Nuclear World Association, March 2015.
8. SAPIERRE – Idea of European Regional Repositories is Taking Shape, Vladan Stefula, Decon, Slovakia, 2005.
9. Birds of a Feather... Developments Towards Shared, Regional Geological Disposal in the EU? Hans D.K. Codee, Ewoud V. Verhoef, COVRA; Charles McCombie, Arius, WM2008 Conference, February 24-28, 2008, Phoenix, AZ.
10. COMS-WD: A New Proposal for Cooperation between EU Member States Responding to the EC Waste Directive, ERDO-WG, Arius, 2014.
11. Neil Chapman, Charles McCombie, Principles and Standards for the Disposal of Long-Lived Radioactive Waste, Waste Management Series 3, Elsevier Science, UK, 2003.
12. Конвенция о воздействии на окружающую среду в трансграничном контексте, ООН, 1991.
13. Act on Environmental Impact Assessment Procedure, 468/1994 (amendments up to 458/2006 included), Ministry of Environment, Finland.
14. Interim storage facility, encapsulation plant and final repository for spent nuclear fuel, Transboundary environmental impact, Account of consultation in accordance with the Espoo Convention, Part 1 – 2008, SKB.



Заключение

Уже более полувека специалисты многих стран заняты изучением вопросов, связанных с обеспечением безопасности окончательной изоляции радиоактивных отходов в пунктах захоронения, которые гарантировали бы надежную защиту человека и окружающей среды как в настоящем, так и в далеком будущем.

Реализация проекта захоронения включает множество этапов, на каждом из которых необходимо обосновывать имеющиеся технические соображения относительно перспектив обеспечения безопасности, анализировать все новые научно-технические данные и выявлять потребности в получении дополнительной информации. Подобная методология обсуждалась и создавалась в международном экспертном сообществе на протяжении нескольких десятилетий, постоянно совершенствуясь с конца 1990-х гг., в том числе и как ответ на бурное развитие компьютерных технологий и средств моделирования.

Представленный в книге материал довольно наглядно демонстрирует, что подготовка обоснования безопасности – процесс принципиально творческий: не существует ни универсального способа его разработки, ни единого формата его представления. Однако существует однозначное понимание, что в материалах обоснования безопасности должны быть четко сформулирована концепция ее обеспечения, а также собраны все необходимые технические данные и результаты проведенных исследований. Важно также иметь и более компактную версию обоснования безопасности, предназначенную для неспециалистов и содержащую лишь минимальный объем подробных технических данных. Обоснование безопасности всегда отражает долгосрочный характер работ, что выражается в наличии не только соответствующего плана исследований, но и обсуждения вопросов, каким образом эта деятельность может быть оценена в будущем с точки зрения соответствия или противоречия уже сделанным выводам и оценкам. Важными аспектами в разработке убедительного обоснования безопасности также являются:

- прозрачность (данные о безопасности системы захоронения представляются в понятной форме, что позволяет оптимизировать процесс принятия решений);
- возможность проверки (ключевые допущения, особенно научные и технические данные, а также исходные сведения, в полном виде документируются либо в самом обосновании безопасности, либо в сопроводительных материалах);
- открытость (рассматриваются все имеющиеся неопределенности и спорные вопросы, способные оказать влияние на обеспечение безопасности системы захоронения).

Реализация программ захоронения РАО – длительный процесс, состоящий из множества этапов, успех каждого из которых зависит от целого ряда факторов не только и не столько технического и научного характера, но и от социально-политических и этических аспектов.

В целом, в странах, добившихся наибольшего успеха в реализации проектов захоронения (Франция, Финляндия и Швеция) соответствующие программы имеют следующие общие позиции:

- утвержден специальный порядок взаимодействия с общественностью по всем вопросам;
- на протяжении многих лет (а иногда и десятилетий) проводятся специализированные исследования в ПИЛ;
- предложена концепция обратимого захоронения РАО, которая может быть реализована до момента закрытия установки;
- на поиск площадки для строительства пункта захоронения у разработчиков проекта ушли десятилетия.

В тоже время следует понимать, что готового «рецепта» успешной реализации подобных проектов не существует. В первую очередь, потому что характер участия заинтересованных сторон в процессе выбора площадки во многом определяется культурными и социальными аспектами. Поэтому подход, оказавшийся действенным в одной стране, может потребовать развития или модернизации в другой стране.

Как показывает зарубежный опыт, в большинстве случаев население настроено против строительства пунктов захоронения РАО и по умолчанию не склонно полагать, что захоронение является наилучшим способом обеспечения долгосрочной безопасности. При этом люди, проживающие в непосредственной близости от площадки, как правило, демонстрируют более глубокое понимание как технических вопросов, связанных с захоронением РАО, так и выгоды, которую способна принести реализация проекта.



Интересно, что эта проблема актуальна не только при реализации программ по строительству пунктов глубинного геологического захоронения САО, ВАО и ОЯТ, но и для пунктов приповерхностного захоронения НАО и даже ОНАО. Если для специалистов сооружение объектов для НАО и ОНАО не является вызовом (существующие проработанные технологические решения позволяют обеспечить высокий уровень ядерной и радиационной безопасности, управление проектом не представляет особых трудностей, а радиологическое воздействие таких установок на персонал, население и окружающую среду принципиально ограничено как во времени, так и в пространстве), то в представлении обычного человека любая ядерная установка, включая и пункты захоронения ОНАО, ассоциируется с чем-то опасным, способным оказать значительное негативное воздействие на окружающую среду и здоровье человека.

Этому есть вполне разумные объяснения. Прежде всего – исторические. Ядерные технологии изначально разрабатывались в военных целях и в обстановке строжайшей секретности. Кроме того, вопросы обеспечения безопасности ядерных установок действительно весьма непросты для понимания, что тоже не способствует проведению быстрого конструктивного диалога.

ФГУП «Национальный оператор по обращению с РАО» в своей деятельности в полной мере учитывает международный опыт захоронения РАО, одна из граней которого – длительность всех процессов. Авторы искренне надеются, что данная книга внесет свой вклад в их понимание и будет способствовать эффективному и уважительному диалогу по вопросам захоронения РАО как технологии, реальной разумной альтернативы которой в ближайшем будущем объективно не предвидится.