



Лучшие зарубежные практики
вывода из эксплуатации ядерных
установок и реабилитации
загрязненных территорий

Том 2

**Лучшие зарубежные практики
вывода из эксплуатации
ядерных установок
и реабилитации
загрязненных территорий**

Том 2

Москва
2017

УДК 621.039 (58:7)

Книга подготовлена авторским коллективом в составе: Н.С. Цебаковская (все гл.), С.С. Уткин (все гл.), А.Ю. Иванов (разд. 1.3.7), В.К. Сахаров (разд. 2.1, 3.1, 4.1), К.Е. Полунин (разд. 1.3, 2.2).

Лучшие зарубежные практики вывода из эксплуатации ядерных установок и реабилитации загрязненных территорий. — Под общей редакцией И.И. Линге и А.А. Абрамова. — 2017 г. — 187 с.

Вниманию читателя предлагается обзор «Лучшие зарубежные практики вывода из эксплуатации ядерных установок и реабилитации загрязненных территорий». В книге рассмотрены вопросы формирования и решения проблем ядерного наследия в четырех зарубежных странах: США, Великобритании, Франции и Канаде.

По каждой из этих стран представлен обзор деятельности и исторических практик обращения с радиоактивными отходами, повлекших за собой загрязнение окружающей среды и формирование целого комплекса проблем ядерного наследия, рассмотрено современное состояние нормативно-правового регулирования вопросов вывода из эксплуатации и реабилитации загрязненных территорий, а также история развития природоохранного законодательства в США, приведены оценки объемов ядерного наследия, в том числе в контексте прошлых и будущих финансовых обязательств, описаны основные положения действующих государственных программ и разработанных стратегий по ликвидации объектов ядерного наследия и реабилитации загрязненных территорий, обозначены ключевые мероприятия как уже реализованные, так и запланированные в рамках данных программ, проанализированы подходы и средства, применяемые в США в целях оптимизации и повышения эффективности организации работ по наследию. Отдельная глава книги посвящена вопросам организации взаимодействия с общественностью при реализации подобных проектов.

Книга в первую очередь адресована ученым и специалистам атомной науки и промышленности, но может быть интересна и более широкому кругу читателей, интересующихся вопросами безопасного решения проблемы ядерного наследия.

Оглавление

Глава 2. Ядерное наследие Великобритании	7
§ 2.1. История формирования ядерного комплекса Великобритании	9
2.1.1. История развития ядерного комплекса	9
2.1.2. Селлафилд.....	12
История создания и ключевые объекты.....	13
Исторические практики обращения с РАО и загрязнение окружающей среды.....	15
2.1.3. Даунрей	25
Исторические практики обращения с РАО и загрязнение окружающей среды.....	25
2.1.4. Реакторы Магнокс.....	26
§ 2.2. Нормативно-правовая база и организация работ по реабилитации объектов ядерного наследия.....	27
Предпосылки создания NDA.....	27
Роль NDA в организации работ по наследию	29
Законодательная база, регулирующая деятельность NDA.....	35
Финансовое обеспечение деятельности NDA.....	37
§ 2.3. Программа NDA Великобритании по ликвидации объектов ядерного наследия.....	45
Общие подходы к реабилитации объектов ядерного наследия	47
2.3.1. Планы реабилитации объектов ядерного комплекса Селлафилд	51
2.3.2. Реабилитация объектов комплекса Даунрей.....	61
2.3.2. Снятие с эксплуатации реакторов Магнокс.....	63
Список литературы к главе 2	64
Глава 3. Ядерный комплекс Франции	67
§ 3.1. Формирование ядерного комплекса Франции	69
3.1.1. История развития ядерного комплекса Франции.....	69
3.1.2. Маркуль.....	72
3.1.3. Ла Аг.....	73
Исторические практики обращения с РАО и загрязнение окружающей среды.....	75

3.1.4. Реакторные установки	79
3.1.5. Ядерные установки исследовательских центров	82
Фонтене-о-Роз	82
Гренобль.....	83
Кадараш	83
Сакле	84
3.1.6. Добыча урана и заводы по переработке.....	84
3.1.7. «Исторические РАО» во Франции	86
Полигоны, предназначенные для захоронения нерадиоактивных отходов	86
Полигоны, находящиеся на площадках гражданских и военных базовых ядерных установок или в их окрестностях	87
Природные обогащенные материалы	92
§ 3.2. Нормативно-правовая база организации работ по ликвидации ядерного наследия Франции	93
3.2.1. Законодательство и нормативы по останову и выводу из эксплуатации ядерных установок.....	94
3.2.2. Стратегия вывода из эксплуатации	96
3.2.3. Законодательство и нормативы по рекультивации территорий урановых рудников	96
§ 3.3. Программы по выводу из эксплуатации объектов ядерного комплекса Франции и реабилитации загрязненных территорий.....	100
3.3.1. Программа по реабилитации и выводу из эксплуатации объектов ЯОК.....	101
Газодиффузионный завод в Пьеррелатте.....	101
Ядерный комплекс в Маркуле.....	102
Перерабатывающий завод в Ла Аге	103
Рекультивация территории урановых рудников.....	103
3.3.2. Программа по выводу из эксплуатации реакторов первого поколения.....	104
3.3.3. Программа по выводу из эксплуатации установок СЕА	108
Фонтене-о-Роз	109
Гренобль.....	109
Кадараш	111
Сакле	112
3.3.4. Программа по выводу из эксплуатации установок AREVA	112
COMURHEX (Пьерелатт)	113
Завод SICN на площадке Вёре-Воруаз.....	113
3.3.5. Финансирование проектов по выводу из эксплуатации.....	113
Список литературы к главе 3	115

Глава 4. Ядерное наследие Канады	117
§ 4.1. Формирование ядерного комплекса Канады	119
4.1.1. История развития ядерного комплекса Канады	119
Исследовательские реакторы	119
Реакторы АЭС Канады	120
Добыча и переработка урана	120
Ядерное наследие и его ликвидация	121
4.1.2. Чок Ривер	122
Национальный исследовательский экспериментальный реактор NRX	122
Испытательный реактор бассейнового типа	122
Лаборатория по регенерации плутония	122
Башня установки по экстракции плутония	123
Выпарная установка для очистки сточных вод	123
Установка по обогащению тяжелой воды (HWUP)	123
Подземные конструкции для ОЯТ	123
Хранилища РАО	124
Участки загрязненных территорий и сточных вод	124
4.1.3. Уайтшелл	126
4.1.4. Реакторы прототипы	127
4.1.5. Энергетические реакторы	128
4.1.6. Хвосты предприятий по добыче и переработке урана	129
§ 4.2. Нормативно-правовое регулирование в области вывода из эксплуатации	131
§ 4.3. Программы по выводу из эксплуатации объектов ядерного комплекса Канады и реабилитации территорий	132
4.3.1. Программы по реабилитации и выводу из эксплуатации объектов Чок Ривер	133
Национальный исследовательский экспериментальный реактор NRX	133
Испытательный реактор бассейнового типа PTR	134
Лаборатория по регенерации плутония	134
Башня установки по экстракции плутония	135
Выпарная установка для очистки сточных вод	135
Установка по обогащению тяжелой воды (HWUP)	136
Подземные конструкции для ОЯТ	136
Обращение с РАО «ядерного наследия»	137
Рекультивация загрязненных территорий и очистка сточных вод	138
4.3.2. Программа по реабилитации и выводу из эксплуатации объектов лаборатории Уайтшелл	141

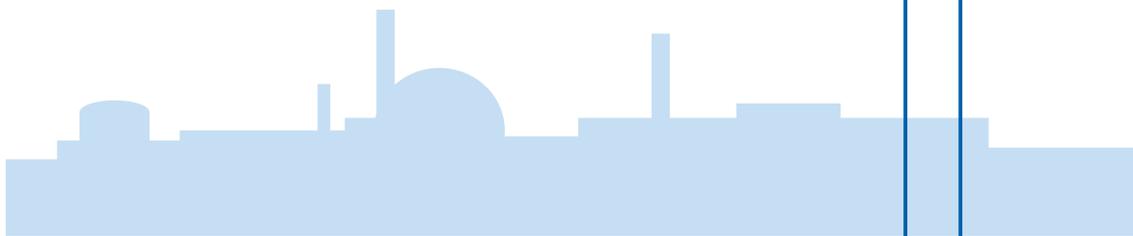
4.3.3. Программа вывода из эксплуатации реакторов-прототипов	144
§ 4.4. Обращение с историческими РАО в рамках инициативы Порт Хоуп ...	145
Проект Порт Хоуп	147
Проект Порт Грэнби	149
§ 4.5. Организация работ по выводу из эксплуатации территорий урановых месторождений	151
4.5.1. Проект Клафф Лейк	151
Площадка перерабатывающего завода	151
Площадка хвостохранилища	154
Зона добычи урановых руд	155
Список литературы к главе 4	157
Глава 5. Роль общественности и местных органов власти в проектах по реабилитации и очистке загрязненных территорий объектов ядерного наследия.....	159
§ 5.1. Предварительные замечания о роли общественности и местных органов власти в проектах по реабилитации и очистке загрязненных территорий объектов ядерного наследия.....	161
§ 5.2. Эволюция механизмов взаимодействия с общественностью	163
§ 5.2. Роль общественности и местных органов власти при реализации проекта реабилитации в Хэнфорде (США)	165
5.2.1. Хэнфордский план по взаимодействию с общественностью	165
5.2.2. Участие общественности в процессе принятия решений по Хэнфорду	170
§ 5.3. Роль общественности и местных органов власти при реализации проектов по реабилитации объектов ядерного наследия в Великобритании	174
5.3.1. Информационно-образовательная сеть SAFEGROUNDS.....	174
5.3.2. Организация взаимодействия с заинтересованными сторонами в рамках проекта по ликвидации ядерного наследия в Даунрее ..	175
Список литературы к главе 5	181
Заключение	182

Глава 2. Ядерное наследие Великобритании

Селлафилд

Даунрей

Реакторы Магнокс



§ 2.1. История формирования ядерного комплекса Великобритании

Как и в США, становление атомной отрасли Великобритании пришлось на 1940-е гг. Изначально этот сектор был ориентирован лишь на создание ядерного оружия, но уже к середине 1950-х гг. потенциал использования энергии атома в мирных целях был полностью осознан, что дало мощный толчок ускоренному развитию атомно-энергетических технологий в Соединенном Королевстве. В течение следующих двадцати лет энергетическая отрасль Великобритании совершила громадный рывок в развитии, обогнав в применении мирного атома остальные страны Западной Европы. В те времена гигантом этой отрасли была отнюдь не Франция, а Великобритания, чьи атомные технологии считались наиболее передовыми.

2.1.1. История развития ядерного комплекса

Решение о запуске собственной программы ядерных вооружений было принято правительством Великобритании после окончания Второй мировой войны. Для этих целей был создан комплекс Селлафилд, миссия которого состояла в производстве и переработке оружейного плутония.

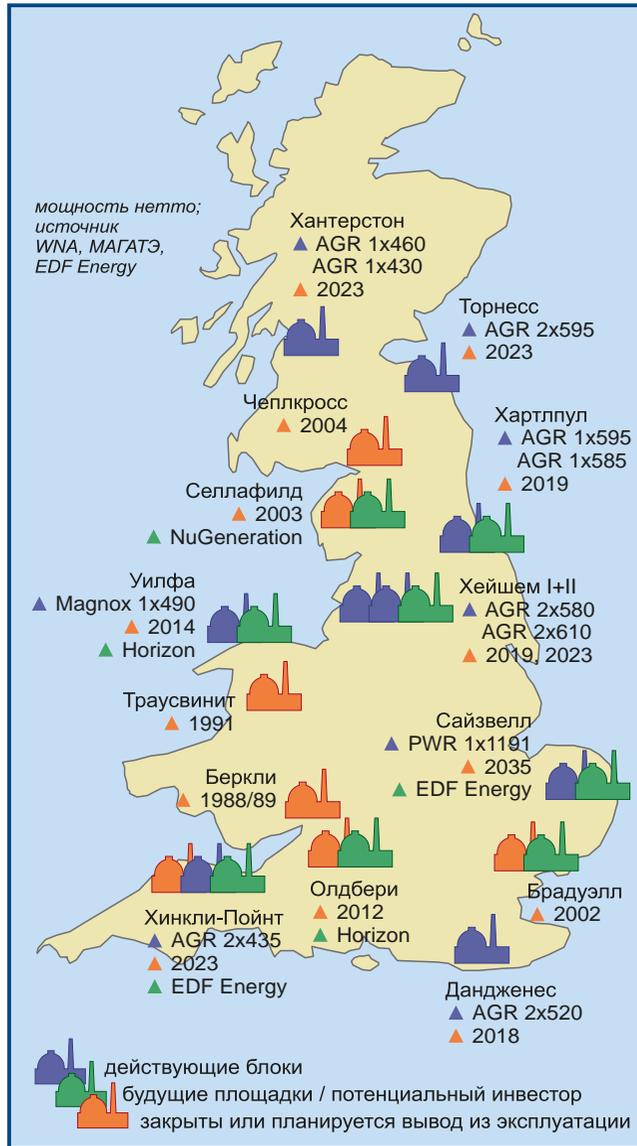


Рис. 2.1. Площадки действующих, снятых с эксплуатации и планируемых к сооружению до 2030 года АЭС Великобритании (данные по состоянию на 2013 год)

Работы по сооружению первых двух реакторов с газовым охлаждением Уиндскейл Пайл 1 и Уиндскейл Пайл 2 стартовали в 1947 году. Первые два реактора «Уиндскейл Пайл», представлявшие собой разновидность графитового реактора с воздушным охлаждением, использовались исключительно для наработки оружейного плутония.

С реакторов облученный уран направлялся на перерабатывающий завод В204 для получения оружейного плутония.

С 1951 по 1957 год завод В204 произвел 385 кг плутония, примененного при создании первой британской атомной бомбы, испытанной на островах Монте-Белло в Австралии в октябре 1952 года. Так, Великобритания стала третьей после США и России атомной сверхдержавой.

До 1972 года в Великобритании фактически не существовало разделения между гражданскими и военными ядерными программами. Первые оксид-магниевого реакторы «Магнокс» одновременно производили электроэнергию и нарабатывали оружейный плутоний.

В 1956 году королева Великобритании Елизавета II официально объявила об открытии на этой же площадке первой в стране атомной станции. Всего в Соединенном Королевстве в период с 1956 по 1988 год было введено в эксплуатацию в общей сложности 12 атомных электростанций. Однако замедление темпов экономического развития страны, глубокий экономический спад, с другой стороны, – открытие нефтяных и газовых месторождений в Северном море и резкое улучшение положения Великобритании с точки зрения снабжения страны жидким топливом привели к замедлению темпов развития атомной энергетики.

Тем не менее, сегодня АЭС Великобритании вырабатывают около 1/6 всей электроэнергии, производимой в стране (16 реакторов суммарной мощностью 10,1 ГВт).

Учитывая, что к 2023 году все реакторы, находящиеся сейчас в эксплуатации, за исключением одного, реактора PWR Сизвелл Б мощностью 1 188 МВт, будут остановлены [1], в планах, сформировавшихся к 2013 году, намечается строительство новых АЭС до 2030 года суммарной мощностью 10–20 ГВт (рис. 2.1, стр. 9).

Основные этапы формирования ядерного комплекса Великобритании отражены в табл. 2.1.

Табл. 2.1. Основные вехи в истории формирования ядерного комплекса Великобритании

Год	Объект
1947 г.	Сооружение Селлафилдского ядерного комплекса
1950-е гг.	Начало строительства первых АЭС в Великобритании
1956 г.	Открытие АЭС Колдер Холл
1957 г.	Пожар на реакторе Уиндскейл Пайл
1962 г.	Запуск первого в мире усовершенствованного газоохлаждаемого реактора
1971 г.	Ввод в эксплуатацию последнего МАГНОКС-реактора

Реализация задач по созданию ядерного оружия и развитию атомной энергетики Великобритании привела к накоплению проблем радиоактивного загрязнения окружающей среды как в процессе эксплуатации ядерных установок, так и на завершающих стадиях жизненного цикла ядерных технологий.

Комплекс этих проблем принято обозначать термином «ядерное наследие», который в соответствии с официальной терминологией, утвержденной Управлением по выводу из эксплуатации ядерных объектов Великобритании (англ. Nuclear Decommissioning Authority, NDA), имеет достаточно четкое определение.

Так, в Великобритании к объектам ядерного наследия следует относить [2]:

- все площадки и установки, которые были введены в эксплуатацию в период с 1940-х по 1960-е гг. в целях осуществления государственных научно-исследовательских программ и до учреждения NDA, эксплуатируемые UKAEA и BNFL, а также все отходы, материалы и ОЯТ, образовавшиеся в ходе осуществления таких НИОКР;

- все ядерные реакторы типа Магнокс, разработанные и сооруженные в 1960–1970-х гг., находящиеся в государственной собственности и в прошлом эксплуатируемые компанией BNFL; заводы и установки по переработке Магнокс-ОЯТ, находящиеся на территории Селлафилдского комплекса, и все отходы и материалы с ними связанные.

В 2005 году правительство Великобритании учредило специальное ведомство – Управление по выводу из эксплуатации ядерных объектов Великобритании (NDA), которому было поручено планирование и осуществление деятельности по ликвидации объектов ядерного наследия и очистке загрязненных территорий. Таким образом, NDA несет ответственность за текущую деятельность по выводу из эксплуатации ядерных установок, реабилитации загрязненных территорий и обращению с радиоактивными отходами. Всего на сегодняшний день в ведении NDA находится 17 площадок, содержащих объекты ядерного наследия (рис. 2.2) [3–5].

Среди них наибольшую озабоченность вызывают площадки ядерного комплекса Селлафилд, объекты морского флота с ядерными силовыми установками, реакторы Магнокс, площадка в Даунрее.



2.1.2. Селлафилд

Комплекс Селлафилд (рис. 2.2-1) представляет собой уникальный объект ядерного наследия – нигде в мире на столь малой территории больше нет столь плотного сосредоточения исторических установок. На площади всего в 6 км² расположено порядка 2 600 различных сооружений и около 260 действующих установок, некоторые из которых находятся в эксплуатации уже на протяжении более 60 лет [6].



Рис. 2.2-1. Селлафилдский ядерный комплекс

Крупнейший в стране ядерный комплекс Селлафилд расположен на северо-западном побережье Великобритании в 20 км к северу от приморского городка Барроу-ин-Фернес на берегу Ирландского моря (графство Камбрия). Комплекс, на территории которого был сооружен целый ряд исторических ядерных установок, в том числе ядерных реакторов, пунктов хранения РАО и заводов по переработке ОЯТ, действует с 1951 года.

Первые два реактора «Уиндскейл Пайл», представлявшие собой разновидность графитового реактора с воздушным охлаждением, использовались исключительно для наработки оружейного плутония. Позже на этой же площадке были сооружены первые оксид-магниевого реакторы «Магнокс», которые одновременно производили электроэнергию и нарабатывали оружейный плутоний (табл. 2.2, стр. 12) [1].

До 1972 года в Великобритании фактически не существовало разделения между гражданскими и военными ядерными программами.

Сейчас в Селлафилде нет ни одного действующего атомного реактора – последний реакторный блок расположенной здесь АЭС Колдер Холл был остановлен еще в 2003 году. К настоящему моменту компания «Селлафилд», являющаяся оператором площадки (SLC), совместно с Управлением по выводу из эксплуатации ядерных объектов Великобритании разработала детальный план по выводу из эксплуатации исто-

рических ядерных объектов комплекса, а также очистке и рекультивации территории, подвергшейся в прошлом серьезному радиоактивному загрязнению.

Табл. 2.2. Реакторы Селлафилда

Реактор	Мощность	Годы эксплуатации
Уиндскейл Пайл 1 (ACR)	180 МВт (т.*)	1951–1957
Уиндскейл Пайл 2 (ACR)	180 МВт (т.)	1951–1957
Колдер Холл (Magnox)	50 МВт (эл.)	1956–2003
Колдер Холл (Magnox)	50 МВт (эл.)	1956–2001
Колдер Холл (Magnox)	50 МВт (эл.)	1958–2001
Колдер Холл (Magnox)	50 МВт (эл.)	1958–2001
Уиндскейл (AGR)	36 МВт (эл.)	1962–1981

История создания и ключевые объекты

В период 1939–1940 гг. промышленная площадка Селлафилда была известна под названием Уиндскейл. В те времена здесь располагался промышленный комплекс по производству взрывчатых веществ на основе тротила.

Площадка Уиндскейл стала идеальным местом для размещения ядерного комплекса:

- имелся крупный источник проточной воды (слияние двух рек: Колдер и Эн);
- данные территории находились вдали от крупных населенных пунктов;
- в этой местности не было недостатка в рабочей силе.

Реакторы Селлафилда

Работы по сооружению первых двух реакторов с газовым охлаждением Уиндскейл Пайл 1 и Уиндскейл Пайл 2 стартовали в 1947 году (рис. 2.2-2). Активная зона каждого из реакторов содержала 1966 тонн графита и имела высоту 7,43 м и диаметр 15,32 м. Реакторы работали на металлическом уране со средним показателем выгорания топлива 300 МВт-сутки/т, что вело к резкому росту объема наработки оружейного плутония.

С реакторов облученный уран направлялся на перерабатывающий завод В204 для получения оружейного плутония. С 1951 по 1957 год завод В204 произвел 385 кг плутония, примененного при создании первой британской атомной бомбы [7, 8].

Строительство АЭС Колдер Холл было начато еще до Уиндскейлской аварии. Изначально планировалось построить только один реактор, но в итоге из-за роста потребности в оружейном плутонии появились сразу две очереди, каждая по два реактора типа «Магнокс» с газовым охлаждением двуокисью углерода. Эти четыре установки также стали первыми в мире реакторами, в которых наработка оружейных материалов была совмещена с производством электроэнергии.

* тепловая мощность.

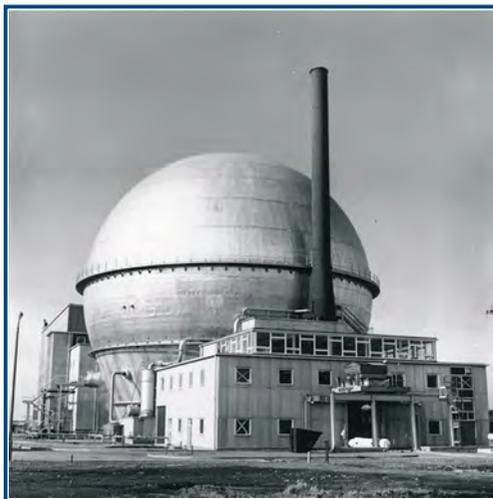


Рис. 2.2-2. Реактор Уиндскейл Пайл

ялся в 1962 году. Этот реактор представлял собой усовершенствованную опытную модель реактора типа «Магнокс», где в качестве топлива использовался не металлический, а керамический оксид урана с 2,5 %-м обогащением. Применение обогащенной двуокиси урана в оболочке из нержавеющей стали в реакторах AGR позволяло в несколько раз повысить выгорание топлива (до 20000 МВт·сутки/т) и энергонапряженность (до 9,8 МВт/м³) и в итоге существенно снизить стоимость производимой электроэнергии. Так, Уиндскейлский реактор AGR стал прототипом, по образу которого в Великобритании было сооружено еще 14 реакторов [9].

Заводы по переработке ОЯТ

На территории Селлафилдского комплекса находятся три завода по переработке ОЯТ, два из которых функционируют по сей день.

Завод В204 был введен в эксплуатацию в 1951 году, а на проектную мощность переработки топлива вышел в феврале 1952 года. В апреле 1952 года первая партия плутония, переработанного на этом заводе, была доставлена в военную лабораторию Олдермэстон для сборки компонентов первой британской атомной бомбы, испытание которой состоялось спустя полгода. Всего на заводе В204 было произведено 3,5 тонн оружейного плутония, из них 385 кг – в период с 1951 по 1957 гг. из топлива реакторов Уиндскейл Пайл. Начиная с 1964 года, для этих целей стал использоваться завод В205, производительность которого была в пять раз выше. Кроме того, новый завод мог перерабатывать топливо реакторов типа «Магнокс» [8].

После ввода в эксплуатацию реактора Уиндскейл AGR завод В204 был трансформирован в завод по предварительной обработке оксидуранового топлива усовершенствованных газоохлаждаемых реакторов (AGR) перед его направлением на переработку на завод В205. Однако после реконструкции, еще до полного ввода в эксплуатацию, на заводе В204 произошел серьезный инцидент, в результате которого радиоактивное облако ¹⁰⁶Ru было выброшено из экранированной камеры во внутренние помещения завода, после чего завод В204 был навсегда закрыт [8].

После неудачи с повторным запуском завода В204 правительство Великобритании приняло решение о сооружении новой установки. В основном такое решение было продиктовано желанием компании BNFL* приступить к выполнению заказов по переработке зарубежного ОЯТ. В марте 1977 года Министерство окружающей среды одобрило планы по постройке нового перерабатывающего завода (PUREX), а через три месяца компания BNFL получила разрешение на строительство. Однако строительные работы затянулись на целых шестнадцать лет и обошлись правительству в рекордные 2,3 млрд фунтов стерлингов вместо 300 миллионов, заложенных изначально в бюджет проекта.

Основной причиной задержки стала общественная обеспокоенность радиоактивными выбросами комплекса, а также иск, оспаривавший законность строительства завода как таковую. В результате завод THORP с расчетной производительностью 1200 тонн/год был введен в эксплуатацию лишь в 1994 году. Однако уже в первые годы работы у его оператора возникли трудности со своевременным выполнением планов по переработке топлива, связанные с многочисленными сбоями технологических систем. В результате THORP до сих пор задерживает исполнение своих контрактных обязательств по переработке ОЯТ Германии и Японии (объемы переработки не превышают 850 тонн/год). Согласно текущим оценкам, данные обязательства будут исполнены не ранее 2018 года, после чего завод будет выведен из эксплуатации [5].

Завод В205 с максимальной производительностью переработки 1500 тонн ОЯТ в год находится в эксплуатации и по сей день. По приблизительным оценкам за 50 лет эксплуатации на нем было переработано свыше 42 000 тонн ОЯТ. В мае 2000 года компания BNFL заявила о своем намерении закрыть до 2010 года подавляющее большинство реакторов типа «Магнокс». Последний реактор этого типа был окончательно остановлен 30 декабря 2015 года (АЭС Уинфрит).

Сегодня основная миссия В205 заключается в переработке накопленных 3 125 тонн ОЯТ. При текущей производительности в 440 тонн ОЯТ в год переработка топлива завершится лишь к 2022 году, после чего завод будет закрыт и выведен из эксплуатации [5, 10].

Исторические практики обращения с РАО и загрязнение окружающей среды

Сбросы в Ирландское море

Начиная с 1952 года, комплекс Селлафилд производит регулярный сброс НАО в Ирландское море посредством системы трубопроводов, проложенной на глубине 2,5 км от уровня наибольшего прилива (рис. 2.3).

Система трубопроводов была сооружена еще в 1950 году и при ее проектировании использовались данные по изучению движения морских течений и экспериментов по разбавлению радиоактивных веществ, полученные в 1947 году в ходе исследований ВМС Великобритании. Последующие исследования приливных явлений, миграции рыбы, а также поглощения радионуклидов рыбой и морскими растениями позволили установить допустимые нормы сброса в море.

* англ. British Nuclear Fuels Limited.



Рис. 2.3. Трубопровод для отвода ЖРО в море

В 1952 году суммарная активность сброса составила 370 ТБк [11]. Между тем официальные данные об объемах и активности ЖРО, ежегодно сбрасываемых в Ирландское море, стали открыто публиковаться лишь с 1979 года (рис. 2.4) [12].

В Селлафилде большая часть сбрасываемых в море ЖРО представлена промывной водой бассейнов выдержки ОЯТ, а также отхо-

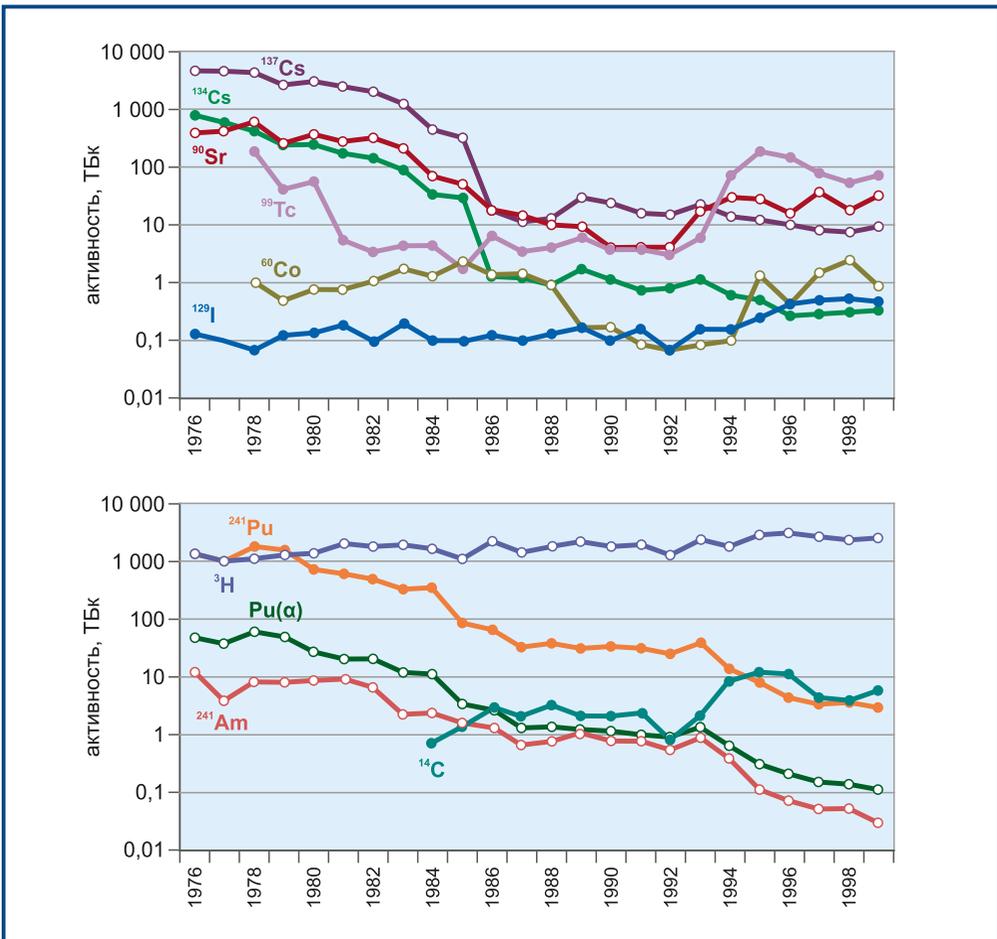


Рис. 2.4. Активности ежегодного сброса различных радионуклидов с ЖРО в Ирландское море (1976–1999 г.), ТБк

дами, образовывавшимися при переработке ОЯТ на заводах В204 и В205, где выделение урана, плутония и других высокоактивных продуктов деления осуществлялось посредством многостадийной экстракции растворителем.

До сооружения завода по отверждению РАО водный раствор кислоты, содержащий большую часть продуктов деления, направлялся на выпарные установки. На последующих стадиях экстракции, призванных отделить плутоний от урана, образовывался среднеактивный раствор, содержащий ^{106}Ru и небольшие количества других актинидов. В период эксплуатации завода В204 такие растворы, подвергавшиеся химической обработке и выдержке с целью снижения активности рутения перед сбросом в море, стали основным источником радиоактивного загрязнения морских вод вблизи Селлафилда, до середины 1970-х годов в основном обусловленного ^{106}Ru [8, 13]. В 1964 году ввод в эксплуатацию второго завода по переработке ОЯТ – В205, оснащенного выпарными установками для концентрирования среднеактивных растворов, позволил снизить выбросы рутения в море, а в 1980 году сброс таких НАО был полностью прекращен.

Что касается промывочных вод бассейнов выдержки ОЯТ, то до конца 1970-х гг. их сброс в море осуществлялся без какой-либо предварительной обработки. В период с 1975 по 1980 гг. активность промывочных вод значительно возросла из-за повышения времени выдержки ОЯТ Магнокс, следствием чего стала интенсификация коррозионных процессов. До ввода в эксплуатацию установки ионно-обменной очистки ЖРО в 1985 году предпринимались временные меры по снижению радиоактивности

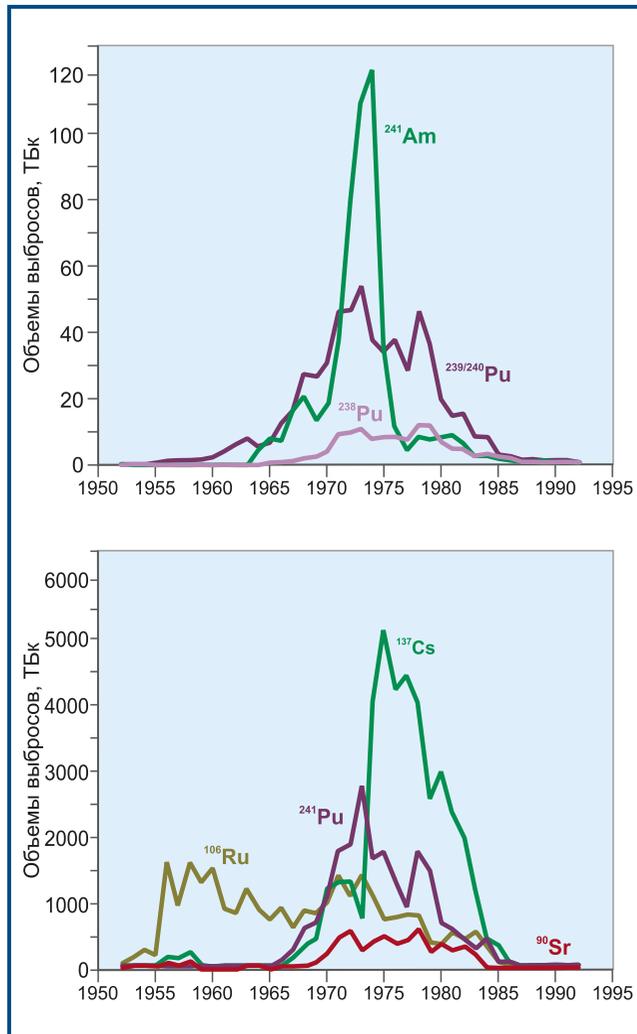


Рис. 2.5. Выбросы основных радионуклидов с ЖРО в море (1952–1992 гг.)*

* диаграммы подготовлены на основании официальных данных, публиковавшихся BNFL, и обобщенных результатов реконструкции хронологии выбросов [7, 13].

таких бассейнов. Перед сбросом в море они подвергались очистке с помощью системы песчаных фильтров и ионозамещенных клиноптилолитов, что позволяло существенным образом сократить концентрации ^{90}Sr , ^{134}Cs и ^{137}Cs в сбрасываемых ЖРО [13].

В 1970–1975 гг. доминирующими радионуклидами в выбросах были плутоний и америций (рис. 2.5), что было обусловлено увеличением объема переработки ОЯТ. Добиться снижения выбросов этих веществ позволил ввод в эксплуатацию очистной установки флокуляционного осаждения в середине 1970-х гг.

Сегодня активность сбросов в Ирландское море значительно снизилась (табл. 2.3), о чем свидетельствуют данные, представленные в отчетности к Конвенции по защите морской среды Северо-Восточной Атлантики (ОСПАР) за последние годы [14–16].

Табл. 2.3. Сбросы ЖРО в Ирландское море через систему трубопроводов

Нуклиды	Годы										Разрешенная суммарная активность сброса, ТБк
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	
Суммарная активность сброса α -излучателей, ТБк	0,25	0,21	0,13	0,13	0,15	0,13	0,12	0,14	0,16	0,17	1,0
Тритий, ТБк	~ 600					1400	2100	1100	1400	1300	20000
Суммарная активность сброса β -излучателей, ТБк	43	29	25	14	18	11	15	9,5	9,0	9,8	220
Технеций-99, ТБк	6,7	5,6	4,9	2,4	3,08	1,4	1,6	0,93	1,1	1,3	10

Основными источниками выбросов продолжают оставаться заводы по переработке ОЯТ (THORP и B205). Еще один источник сброса ЖРО – работы по выводу из эксплуатации исторических установок Селлафилда, в том числе хранилищ ОЯТ.

Жидкие САО и НАО от переработки ОЯТ подлежат предварительной обработке на установке по удалению актинидов (Enhanced Actinide Removal Plant), а ЖРО от вывода из эксплуатации бассейнов-хранилищ ОЯТ направляют на установку по ионно-обменной очистке (SIXEP).

Среди радионуклидов следует особо выделить ^{99}Tc , присутствие которого в выбросах ЖРО обусловлено переработкой ОЯТ «Магнокс». Установка для удаления актинидов не позволяет удалять этот радионуклид. Сооружение отдельной установки по удалению технеция было признано нецелесообразным, поэтому он сбрасывается непосредственно в Ирландское море. Что касается лимитов по сбросу технеция, то за последние 10 лет они стали строже, снизившись с 200 ТБк/год до 10 ТБк/год [17].

Атмосферные выбросы

Всю историю атмосферных выбросов, произведенных комплексом Селлафилд, можно разделить на два этапа: первый – с 1952 по 1964 гг., и второй – после 1964 года.

В период до 1964 года наибольшие объемы активности поступили в воздух во время пожара на реакторе Уиндскейл Пайл в октябре 1957 года.

10 октября 1957 года на одном из двух реакторов произошла крупная радиационная авария, ставшая самой масштабной в истории британской ядерной промышленности. Инциденту был присвоен 5 уровень радиационной опасности «Авария с риском для окружающей среды» – в результате пожара на реакторе активность выброшенного в окружающую среду плутония составила порядка 550–750 ТБк.

Авария произошла в ходе повторного контролируемого отжига графитовой кладки. В основе процесса облучения урана лежал следующий принцип: во время нормальной эксплуатации реактора нейтроны, бомбардирующие графит, приводили к изменению его кристаллической структуры, что, в свою очередь, вызывало аккумуляцию энергии в графите (энергия Вигнера). Процесс контролируемого отжига использовался для восстановления структуры графита и высвобождения энергии. Для его инициации оператор должен был выключить газодувки охлаждающего контура, в результате чего реактор разогревался до температуры, при которой начинала выделяться аккумулярованная в графите энергия. Из-за конструктивных особенностей установки после однократного проведения такой процедуры в реакторе оставались зоны неотожжённого графита, поэтому разогрев приходилось повторять снова.

Считается, что основной причиной инцидента стало отсутствие необходимых измерительных приборов и пресловутый «человеческий фактор» – персонал не смог вовремя среагировать и предотвратить аварию. Не успевший остыть после первого этапа отжига реактор, начал нагреваться снова. В результате слишком большого энерговыделения металлическое урановое топливо в одном из топливных каналов вступило в реакцию с воздухом и загорелось. Из-за пожара металлические ТВЭЛы раскалились до температуры 1400 °С, их диаметр увеличился, что привело к заклиниванию тепловыделяющих элементов в каналах реактора. Персонал делал все возможное для разгрузки непострадавших каналов, однако уже через несколько часов пожар перекинулся на 150 каналов, в которых в то время находилось 8 тонн уранового топлива. В течение всей ночи с 10 на 11 октября принимались попытки охладить реактор за счет подачи углекислого газа. Однако эти действия так и не привели к желаемому результату – пожар продолжал бушевать. Единственным выходом в данной ситуации стало затопление реактора водой. В итоге в 8 часов 51 минуту 11 октября в реактор начали подавать воду. Ночью 12 октября пожар был полностью потушен, а сам реактор переведен в режим «холодного останова». По результатам проведенного после аварии расследования было принято решение об отказе от использования металлического ядерного топлива в реакторах. Из соображений безопасности реактор Уиндскейл Пайл 2 также был закрыт. В 1958–1961 гг. были проведены работы по очистке реакторных площадок от радиоактивного загрязнения. Оставшееся в первом реакторе неповрежденное топливо и топливо второго реактора было выгружено, а вокруг реакторов сооружены бетонные саркофаги. Согласно официальным данным внутри первого реактора осталось около 15 тонн расплавленного и частично поврежденного уранового топлива [18, 19].

Возгорание топлива привело к двум мощным радиоактивным выбросам. Первый произошел в результате воспламенения урана в активной зоне реактора, а второй –

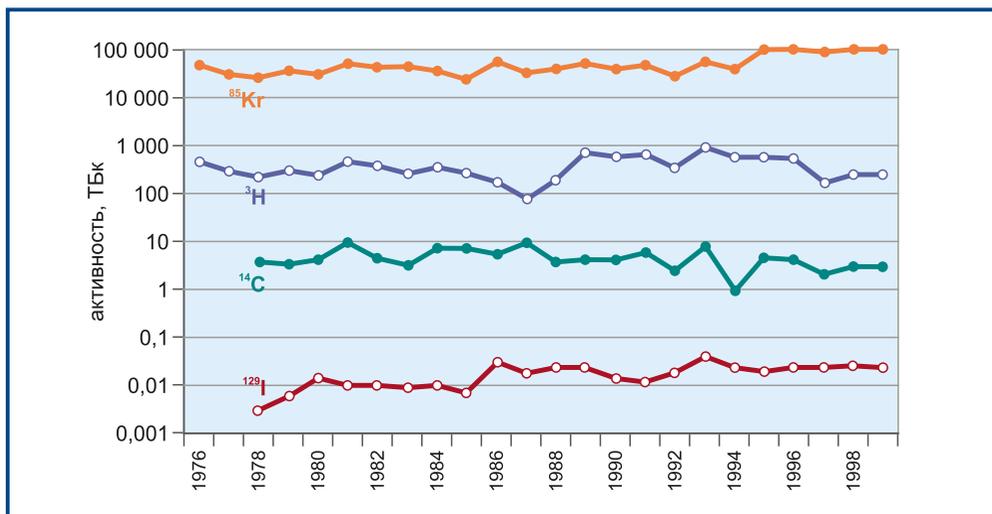


Рис. 2.6. Ежегодные объемы атмосферных выбросов в ходе переработки ОЯТ, ТБк (1978–1999 гг.)

в ходе заливки реактора водой, когда облако радиоактивного пара было отнесено ветром на юг Великобритании. Было предпринято несколько исследований по оценке активности выбросов, по результатам которых были получены следующие усредненные значения: ^{131}I – 600–1000 ТБк, ^{32}Te – 444–596 ТБк, ^{137}Cs – 22,2–45,5 ТБк, ^{90}Sr ~ 0,2 ТБк [7].

В 1960-1970-х гг. объемы атмосферных выбросов значительно увеличились, что стало следствием ввода в эксплуатацию нового завода В205. Уровни активности выбросов радиоактивных веществ до конца 1970-х гг. особо не контролировались, а мониторинг осуществлялся лишь на нерегулярной основе, поэтому данных по объемам атмосферных выбросов до 1978 года не сохранилось. Кроме того, компании BNFL было выдано лишь общее разрешение на выбросы альфа- и бета-излучающих радионуклидов, при том что пределов по выбросам отдельных радионуклидов долгое время вообще не существовало. Только в 1970-е были установлены ограничения по стронцию и рутению.

Пик радиоактивных выбросов в Селлафилде пришелся на середину 1970-х гг. Известно, что в период с 1974–1978 гг. в окружающую среду поступило порядка 40 000 ТБк бета-излучателей, а с 1968 по 1978 гг. было выброшено около 1 000 ТБк альфа-излучающих радионуклидов.

Кроме того, имеются официальные сведения об одном из инцидентов, произошедшем в мае 1968 года, когда в атмосферу попали значительные количества плутония – отходящие газы одной из установок перерабатывающего завода прошли через систему вентиляции, минуя очистной фильтр. Тогда активность выброса плутония составила 18,5 ГБк.

Объемы ежегодных выбросов радиоактивных веществ в период с 1978 по 1999 гг., обусловленных операциями по переработке ОЯТ, представлены на рис. 2.6.

Загрязнение почвы и грунтовых вод

Впервые на проблему загрязнения почвы в Селлафилде обратили внимание в 1976 году, когда во время расширения пункта хранения РАО на территории зоны ра-

диохимического производства (рис. 2.7) были зафиксированы повышенные уровни радиоактивности. Результаты проведенного затем расследования показали, что причиной загрязнения стала разгерметизация одной из камер хранилища, предположительно возникшая еще в 1972 году. Специальная рабочая группа занялась поиском источника радиоактивного загрязнения. Она должна была определить его местонахождение и скорость утечки, а также выработать план по устранению последствий выброса. В ходе исследований 1977–1979 гг. на территории площадки было пробурено более 60 скважин для мониторинга состояния грунтовых вод, позволивших выявить возможность миграции радиоактивных веществ за пределы площадки.

В 1978 году был предложен проект по установке подземного барьера, который бы позволил предотвратить фильтрацию радиоактивных веществ из потерявшей герметичность камеры. Вариантами реализации такого плана могла

бы стать экскавация траншеи с последующим ее заполнением изолирующей глиной («бетонитовая стена») или закачка цементного раствора в куст близко расположенных скважин («противофильтрационная завеса»). Однако эти идеи были отвергнуты из-за риска повреждения структуры камеры и отсутствия каких-либо гарантий в том, что такой способ позволит изолировать абсолютно все источники утечки радиоактивных веществ. Экскавация грунта также была исключена в виду того, что уровень радиоактивного загрязнения был настолько велик, что не позволял захоронить почву ни в одном из действовавших на тот момент могильников. Кроме того, по результатам дополнительных гидрогеологических исследований, проведенных 1979 году, было установлено, что обнаруженный ранее источник утечки не был единственным.

Приблизительные объемы утечки оценивались на уровне 12–24 м³/год. В 1980 году после установления двух наиболее мощных источников утечки радиоактивных веществ поверхность над ними была зацементирована, что позволило сократить приток ливневых вод и обеспечить дополнительную изоляцию. В 1981 году была предложена идея создания вокруг загрязненной зоны подземной завесы из крупнозернистого цементного раствора. Однако результаты исследований по изучению геологических и гидрогеологических особенностей площадки показали, что сооружение такого барьера может быть чревато ухудшением условий в других областях ареала загрязнения, напри-



Рис. 2.7. Границы зоны радиохимического производства

мер, тем, что приведет к скоплению воды в отдельных участках зоны радиохимического производства.

В течение следующих двух десятков лет было проведено множество исследований по выявлению источников загрязнения почвы и грунтовых вод. По состоянию на конец 2015 года на территории Селлафилда имеется 176 точек отбора проб. В целом результаты проведенных исследований свидетельствуют о том, что вне зоны радиохимического производства имеется лишь небольшое количество источников загрязнения, а среди наиболее часто обнаруживаемых радионуклидов встречаются те, что отличаются наибольшей мобильностью в грунтовых водах. По большей части это тритий, ^{99}Tc и совсем незначительные количества ^{90}Sr . Также следует отметить, что загрязнение территории комплекса за пределами зоны радиохимического производства в основном обусловлено нерадиоактивными компонентами, такими как тяжелые металлы, горючие и смазочные материалы. Объемы загрязненного в результате протечек и операций по размещению РАО грунта оцениваются на уровне 13 млн м³ [20, 21].

Бассейн-хранилище ОЯТ Уиндскейл Пайл

Бассейн-хранилище ОЯТ реакторов Уиндскейл Пайл находилось в эксплуатации* с 1952 года и является старейшей изолирующей установкой Селлафилда, изначально предназначавшейся для приема и выдержки топлива, а также удаления оболочек ТВЭЛов (рис. 2.8). В середине 1950-х гг. бассейн был модернизирован и приспособлен для приема ОЯТ реакторов АЭС Колдер Холл. Хранение и выдержка ОЯТ осуществлялась непосредственно в самом бассейне и в прилегающем к нему здании, где производилось снятие оболочек ТВЭЛов. Бассейн представляет собой открытое мокрое хранилище прямоугольной формы (100 м на 25 м) глубиной 7 м и вместимостью 14 млн л, разделенное на несколько секций. Кроме того, установка включает несколько отдельных небольших бассейнов, соединяющихся с главным подводными каналами.

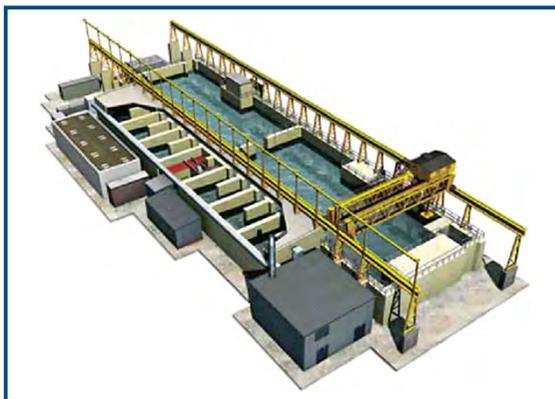


Рис. 2.8. Бассейн-хранилище ОЯТ Уиндскейл Пайл

С 1962 года в установке перестали производить операции по разделке ТВЭЛов, но ее продолжили использовать как хранилище ОЯТ, загрязненных предметов и других технологических отходов вплоть до 1970-х гг. За двадцать лет службы через бассейн прошло более 2 100 т ОЯТ реакторов Уиндскейл Пайл и 300 т ОЯТ Магнокс. Сегодня реестр РАО, хранящихся в бассейне, включает элементы проржавевших металлических конструкций, небольшие количества топлива, а также загрязненное неиспользуемое оборудование. При этом основная активность приходится на шлам, скопившийся на дне бассейна [22–24].

* англ. Pile Fuel Storage Pond (PFSP).

Бассейн-хранилище ОЯТ Магнокс

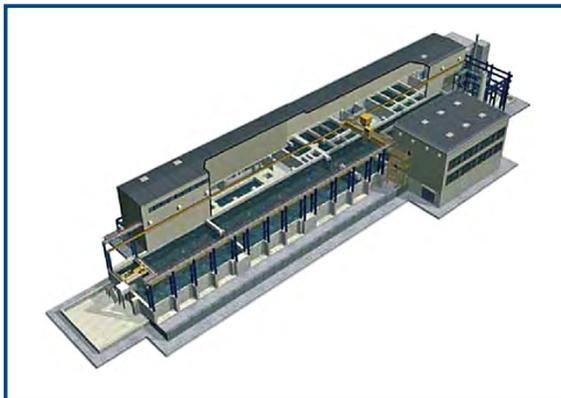


Рис. 2.9. Бассейн-хранилище ОЯТ Магнокс

Ввод в эксплуатацию бассейна-хранилища открытого типа*, предназначавшегося для приемки, хранения, а также разделки ОТВС, состоялся в 1959 году (рис. 2.9). В 1974 году перерабатывающий завод был закрыт на продолжительное время, а ОЯТ еще в течение многих лет оставалось под водой, что, в свою очередь, привело к интенсификации коррозионных процессов, обусловивших процессы активного накопления радиоактивного шлама на дне бассейна. Присутствие в воде шлама снизило прозрачность воды,

а ее активность повысилась. В 1986 году была проведена промывка бассейна, шлам был извлечен и перемещен в специально построенные осадительные бассейны, откуда шлам и загрязненную воду направляли на ионно-обменную установку. Всего с 1959 по 1986 гг. через установку прошло порядка 27 000 тонн ОЯТ из Великобритании, Италии и Японии [22].

Сегодня в установке до сих пор остаются значительные объемы разлагающегося топлива Магнокс, шлама, содержащего продукты коррождения топливных оболочек, а также старое оборудование, использовавшееся для разделки ОТВС. В некоторых местах толщина слоя шлама достигает 1 м. Всего резервуар содержит 14 000 м³ загрязненной воды, включая 1 500 м³ радиоактивного шлама. Уровни радиации в здании настолько высоки, что время пребывания персонала в нем не должно превышать 1 часа, а в одном из отсеков время пребывания ограничено 2–3 минутами. Из-за столь высоких уровней радиации, а также большой мутности воды точная оценка объемов накопленных в бассейне РАО невозможна. По приблизительным оценкам в бассейне содержится около 1,3 тонн плутония, 400 кг из которых находится в корродировавшем топливе, лежащем на дне в виде шлама [23].

Хранилище металлических отходов реакторов Магнокс

В период с 1964 по 1983 гг. на данном объекте осуществлялось подводное хранение металлических отходов, образывавшихся при разделке оболочек ТВЭЛов с реакторов Магнокс**. Изначально хранилище состояло из шести камер, однако вскоре было расширено до 28 камер (рис. 2.10).

К началу 1990-х гг. концепция мокрого хранения была признана нецелесообразной: для обращения с такого рода отходами в Селлафилде был сооружен завод по инкапсуляции, осуществлявший приемку сухих металлических отходов, их цементирование и упаковку в бочки из нержавеющей стали. Однако хранилище продолжали использовать вплоть до 2000 года для размещения САО, образывавшихся в результа-

* англ. First Generation Magnox Storage Pond (FGMSP).

** англ. Magnox Swarf Storage Silo (MSSS).

те проведения работ по выводу из эксплуатации и очистке территории комплекса [23].

Металлические отходы, размещенные в хранилище, почти на 100 % состоят из магния, реакция которого с водой приводит к образованию газообразного водорода. Для снижения рисков, связанных с накоплением водорода в опасных концентрациях, на объекте используются активные системы безопасности – производится вентиляция помещений и активное подавление инертными газами. С 1994 по 1999 гг. значительные объемы металлических отходов были извлечены из хранилища и направлены на завод по инкапсуляции РАО, а оттуда – на хранение.

Хранилище оболочек топливных элементов реакторов Уинскейл Пайл

Сухое хранилище оболочек ТВЭЛов Уиндскейл Пайл было построено в 1952 году* (рис. 2.11). Внутри установки располагается шесть глубоких камер с отходами, которые также называют «шахтами». Установка эксплуатировалась в течение 12 лет, и на сегодняшний день в камерах хранилища находится порядка 3 200 м³ САО.

В середине 1990-х, когда срок службы объекта подошел к концу, стартовали работы по его ремонту и техническому обслуживанию. Реализация данной программы позволила продлить срок безопасного хранения отходов до запуска новой программы по извлечению и стабилизации отходов. Сейчас осуществляется первый этап этой программы – проектирование и установка оборудования по извлечению отходов, а также идет сооружение пристройки к хранилищу, где будет размещено оборудование по извлечению отходов [23].

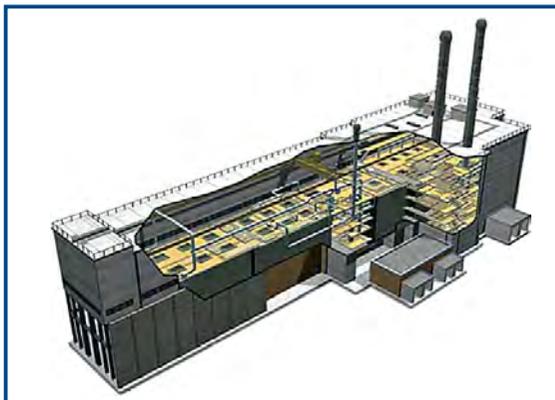


Рис. 2.10. Хранилище металлических отходов реакторов Магнокс



Рис. 2.11. Сухое хранилище оболочек топливных элементов Уиндскейл Пайл (высота здания – 21 м)

* англ. Pile Fuel Cladding Silo (PFCS).

2.1.3. Даунрей



Рис. 2.12. Ядерный комплекс в Даунрее

С 1955 по 1994 год в Даунрее (Шотландия) (рис. 2.12) активно велись научные исследования в области быстрых реакторных технологий: здесь расположен испытательный реактор MTR (Materials Test Reactor), вышедший на мощность в 14 МВт в 1959 году.

В 1962 году на площадке была запущена АЭС с экспериментальными реакторами на быстрых нейтронах (с 1962 по 1977 гг. эксплуатировался реактор DFR (Dounreay Fast Reactor) мощностью 15 МВт, с 1975 по 1994 гг. – реактор PFR (Prototype Fast Reactor) мощностью 250 МВт, работали установки по переработке и производству ядерного топлива).

Исторические практики обращения с РАО и загрязнение окружающей среды

Для хранения РАО в Даунрее использовались вертикальная шахта глубиной 65 м и диаметром 4,6 м (рис. 2.13) и камера глубиной 9 м (рис. 2.14) [25, 26].

Изначально шахта была сооружена в процессе проходки тоннеля. После чего ее стали использовать для хранения РАО. Только верхняя часть шахты (7,9 м) облицована бетоном, далее еще 5,6 м укреплены проволочной сеткой. Ниже глубины 14 м шахта не облицована.

Реестр размещенных здесь отходов включает 646 м³ ТРО и 259 м³ радиоактивного шлама. В 1977 году в шахте произошел взрыв, в связи с чем размещение отходов в установке было прекращено.

Что касается подземной камеры, то она была специально сооружена в 1971 году для хранения САО. Стены камеры выполнены из бетона, а ее максимальная вместимость составляет 720 м³. По имеющимся данным на сегодняшний день в установке размещено



Рис. 2.13. Шахта-хранилище РАО (после взрыва)



Рис. 2.14. Внутри подземной камеры-хранилища САО

около 480 м³ РАО (в основном металлические отходы). Камера принимала отходы на протяжении 27 лет. В 1980-е гг. была сооружена вторая камера, но она так никогда и не использовалась для захоронения РАО. Сейчас камера и шахта заполнены водой.

В период с 1957 по 1998 год в обеих установках было размещено в общей сложности 1 500 тонн РАО. Причем активность этих отходов настолько высока, что все операции внутри этих объектов могут выполняться только с использованием роботизированного оборудования, управляемого дистанционно и осуществляющего извлечение, анализ, резку и упаковку отходов.

2.1.4. Реакторы Магнокс

На 12 площадках остановленных реакторов Магнокс, включающих 10 АЭС (Беркли, Брадуэлл, Чапелкросс, Дандженесс А, Хинкли-Поинт А, Хантерстоун А, Олдбери, Траусфинид, Сизвелл А и Уилфа) и два исследовательских реактора (Харвелл и Уинфрит), идут работы по выводу из эксплуатации в соответствии со стратегией отложенного демонтажа. Данная концепция предполагает консервацию реактора или его «безопасное сохранение под наблюдением» в течение 85 лет (рис. 2.15).



Рис. 2.15. Вид на АЭС Хантерстоун на стадии консервации (проект)

§ 2.2. Нормативно-правовая база и организация работ по реабилитации объектов ядерного наследия

Как уже было отмечено, в 2005 году правительство Великобритании учредило специальное ведомство – Управление по выводу из эксплуатации ядерных объектов Великобритании (NDA), которому было поручено планирование и осуществление деятельности по ликвидации объектов ядерного наследия и очистке загрязненных территорий. Таким образом, NDA несет ответственность за текущую деятельность по выводу из эксплуатации ядерных установок, реабилитации загрязненных территорий и обращению с радиоактивными отходами. На сегодняшний день в ведении NDA находится 17 площадок, содержащих объекты ядерного наследия (см. рис. 2.2). При этом NDA не несёт ответственность за военный сектор, а все полученные Управлением активы либо относятся к гражданскому сектору, либо использовались как предприятия двойного назначения. Работы по выводу из эксплуатации объектов исключительно военного назначения, а также по очистке территорий, на которых испытания проводились в военных целях, находятся под ответственностью Министерства обороны Великобритании. Стоит отметить, что в прошлом NDA и Министерство обороны предпринимали попытки по консолидации усилий в этой сфере, однако они оказались безуспешными: с одной стороны, из-за невозможности достижения взаимного согласия в вопросах оценки обязательств, с другой стороны, из-за нежелания Министерства обороны раскрывать некоторую касающуюся проектов информацию.

Предпосылки создания NDA

На рис. 2.16 представлены основные этапы в истории реструктуризации ядерного сектора энергетической отрасли Великобритании с 1990-х гг. и до момента учреждения NDA в 2005 году.

Детальный процесс передачи активов по ключевым сегментам атомной отрасли отображен на рис. 2.17.

До 1990 года все атомные электростанции страны являлись государственными, ключевыми игроками на рынке АЭС были Центральное энергоуправление Великобритании (Central Electricity Generating Board, далее – CEGB) и Энергоуправление юга Шотландии (The South of Scotland Electricity Board, SSEB). Однако, в 1990 году было принято решение о необходимости приватизации отрасли: на базе CEGB с целью дальнейшей приватизации активов была создана организация Nuclear Electric, на базе SSEB – Scottish Nuclear.



Рис. 2.16. Основные события в истории реструктуризации ядерного сектора Великобритании 1990–2005 гг.

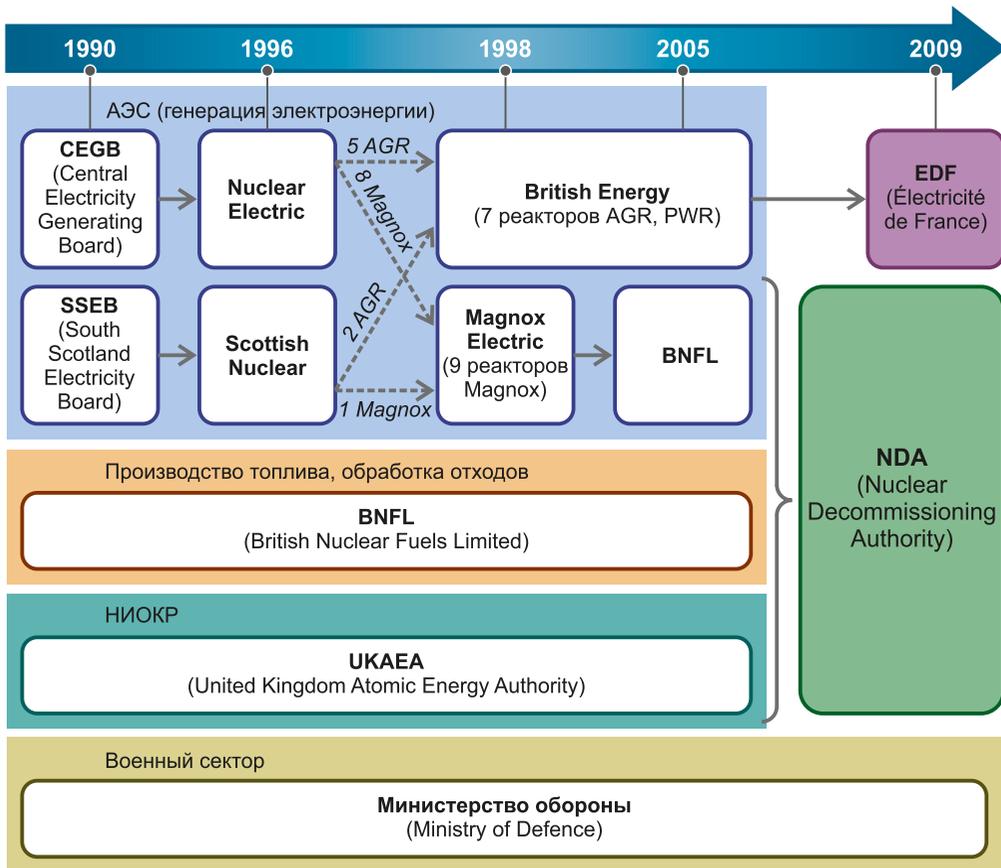


Рис. 2.17. Этапы передачи активов в сфере атомной энергии Великобритании 1990–2009 гг.

В 1996 году началась приватизация, в результате которой удалось приватизировать только часть активов; другая часть была оставлена в ведении госкомпаний. На основе наиболее современных АЭС (использующих реакторы типа AGR*) была сформирована компания British Energy. Более устаревшие активы (первое поколение АЭС с реакторами) остались не приватизированными, но были переданы во владение оператору Magnox Electric, вошедшему в состав BNFL в 1998 году.

В начале 2000-х гг. обе компании – BE и BNFL (т. е., по сути, вся гражданская отрасль) оказались на грани банкротства. Причиной тому стала существенная недооценка размера обязательств по ядерному наследию (в десятки раз), при этом накопленный объем отчислений в фонды компаний оказался недостаточен. Таким образом, компании оказались неспособны платить по обязательствам наследия.

В данной ситуации для спасения отрасли потребовалось вмешательство государства. Так, в 2004 году вышло постановление правительства Великобритании о создании NDA, получившего все активы BNFL. При этом на NDA были также возложены полно-

* англ. Advanced Gas-cooled Reactor.

мочия по контролю над действиями ВЕ по обязательствам наследия (перешедшими в 2009 году вместе с активами ВЕ к крупнейшей государственной энергогенерирующей компании Франции и крупнейшему оператору АЭС – Electricite de France, далее – EDF).

Непосредственно передача NDA всех активов и обязательств по наследию BNFL и по активам НИОКР UKAEA состоялась в 2005 году.

Роль NDA в организации работ по наследию

В целом NDA является управляющей компанией и координатором работы подрядчиков. Национальный оператор работает по принципу «Eyes on hands off», т. е. не выполняет непосредственные работы на активах, но координирует их: выбирает подрядчиков на проведение работ на каждом из активов, выдает финансирование и лицензии.

Передача работ по очистке загрязненных территорий и выводу из эксплуатации субподрядчикам имеет целый ряд преимуществ перед самостоятельным их выполнением оператором. Во-первых, повышается экономическая эффективность за счет проведения конкурентного тендера (в т. ч. открытие рынка для иностранных игроков). Во-вторых, работы выполняются наиболее компетентным игроком в каждом конкретном случае. В-третьих, такой подход стимулирует разработку и внедрение инновационных технологических решений. Это возможно благодаря обеспечению доступа к информации и непосредственно самим объектам для участников конкурса. При данном подходе участники конкурса могут предложить индивидуально спроектированное и максимально проработанное решение: зачастую с применением инновационных технологических решений.

При этом важна роль оператора как единого центра, благодаря которому существует возможность согласования лучших финансовых условий и централизованного контроля в соответствии с едиными стандартами.

На рис. 2.18 представлена обобщенная схема организационной структуры компании.

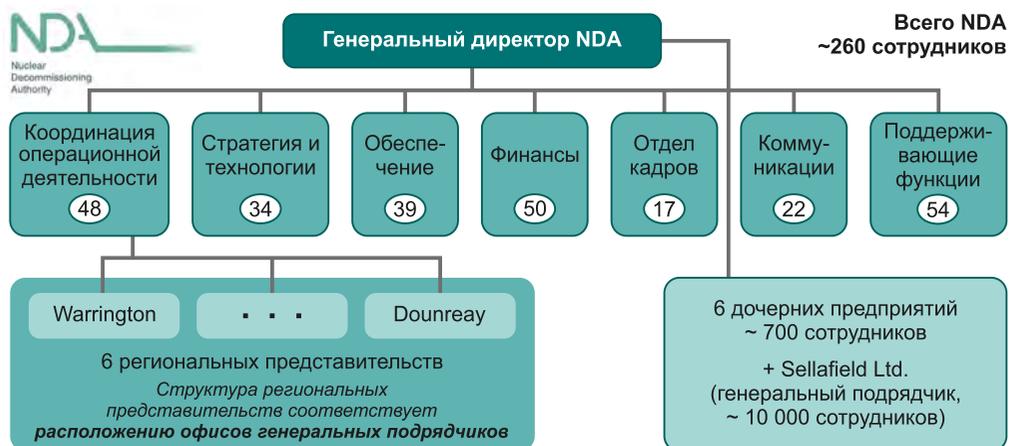


Рис. 2.18. Обобщенная организационная структура NDA



Рис. 2.19. Дочерние предприятия NDA и аналоги таких организаций в России

Помимо региональных офисов, основная функция которых – непосредственно координировать работу подрядчиков, в структуре NDA находятся 7 дочерних предприятий, основные функции которых – обеспечение стратегически важных сфер деятельности NDA и формирование коммерческой выручки. По состоянию на 2016 год в число дочерних предприятий NDA входят следующие организации (рис. 2.19):

- Radioactive Waste Management Limited (RWM). Ключевое направление работ RWM обеспечение безопасного обращения с высокоактивными отходами и сооружение пункта глубинного геологического захоронения для таких PAO;
- Direct Rail Services Limited (DRS) отвечает за обеспечение железнодорожного доступа к объектам NDA, а также за обеспечение поставок ядерных материалов и объектов с использованием железнодорожного транспорта;
- International Nuclear Services Limited (INS). Ключевое направление работ – предоставление полного цикла услуг по перевозке ядерных материалов и объектов, услуг по упаковке, а также услуг по лицензированию и получению необходимых документов;
- NDA Archives Limited систематизирует и хранит информацию о деятельности NDA;
- NDA Properties Limited Rutherford Indemnity Limited – управление непрофильными недвижимыми активами (в т. ч. сдача в аренду);
- Sellafield Ltd. – генеральный подрядчик на площадке Селлафилд.

В рамках своей деятельности NDA находится в постоянном взаимодействии с большим числом различных организаций. На рис. 2.20 приведена схема, кратко резюмирующая основные направления такого взаимодействия.

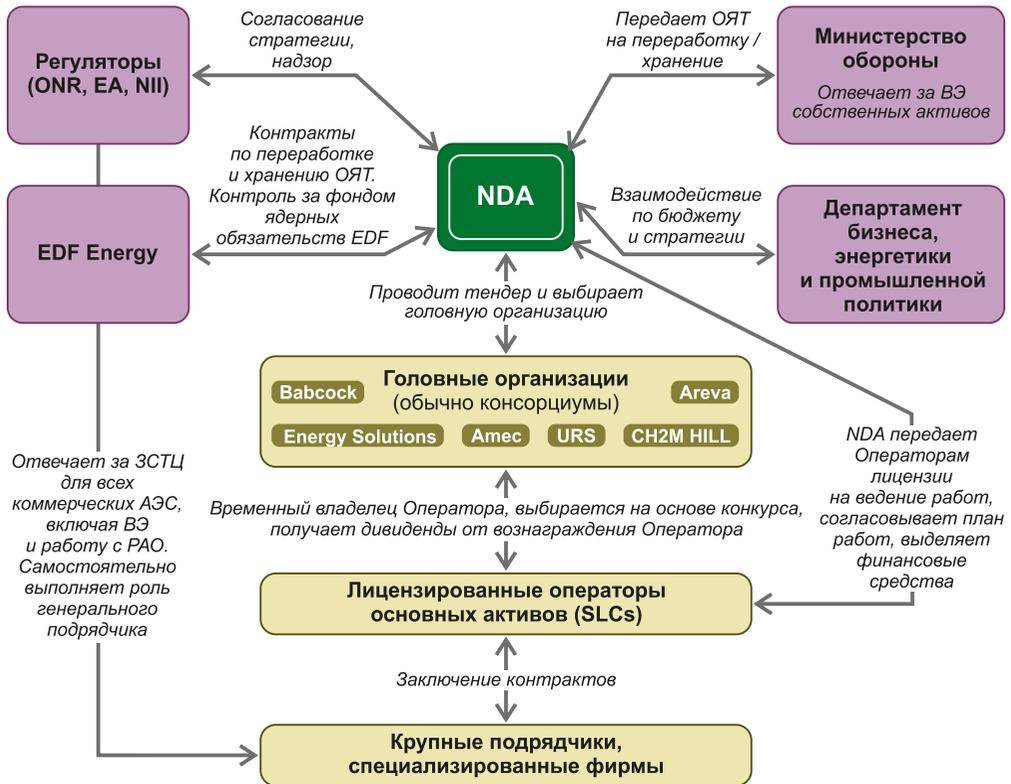


Рис. 2.20. «Экосистема» организаций Великобритании, взаимодействующих с NDA

В категории государственных институтов NDA взаимодействует с Минобороны, Департаментом предпринимательства (Department of business, energy and industrial strategy – DBEIS), энергетики и промышленной политики, регулирующими органами. Основное направление сотрудничества с Минобороны – переработка ОЯТ на предприятиях NDA. NDA подотчетен DBEIS, поэтому с ним происходит согласование ключевых решений в деятельности NDA, например, стратегии и бюджета. Также NDA обязан соответствовать различным требованиям регулирующих органов, в первую очередь, – тем, которые регламентируют отраслевую деятельность, среди которых ключевую роль играют:

- Агентство по ядерному регулированию Великобритании (Office for Nuclear Regulation – ONR);
- Экологическое агентство Великобритании (The Environment Agency);
- Агентство по защите окружающей среды Шотландии (Scottish Environmental Protection Agency – SEPA);
- Агентство по природным ресурсам Уэльса (Natural Resources Wales).

В рамках взаимодействия с частными организациями существует две ключевых категории – взаимодействие с АЭС и с подрядчиками на активах NDA. Так, NDA принимает от частных АЭС (во владении EDF) ОЯТ на переработку, а также осуществляет контроль над использованием фонда ядерных обязательств (NLF).



Рис. 2.21. Схема взаимодействия основных участников программы по ликвидации объектов ядерного наследия Великобритании [27]

В результате реструктуризации организационно-правовой и финансовой схем работ по объектам ядерного наследия Великобритании в 2007 году было учреждено 7 компаний-операторов (англ. Site-Licence Company, SLC), находящихся в ведении отдельных вышестоящих организаций (англ. Parent Body Organisation, PBO), которым было поручено в сотрудничестве с NDA вести работы по выводу из эксплуатации и реабилитации территории загрязненных площадок (рис. 2.21) [27].

Взаимодействие с подрядчиками строится следующим образом. У каждого актива есть свой оператор (Site License Company), с которым заключается контракт и которому NDA передает лицензию на ведение эксплуатирующей деятельности на активе, а также выделяет финансирование и согласовывает план работ. На период действия контракта назначается временный владелец данного оператора – «головная организация» (Parent Body Organisation, PBO), который выбирается на конкурсной основе. Обычно такая головная организация формируется из консорциума международных компаний, специализирующихся на работах по выводу из эксплуатации (напр., Babcock, Areva). Головная организация имеет право на получение дивидендов от вознаграждения оператора. В свою очередь оператор заключает контракты с подрядчиками второго уровня (крупные специализированные фирмы, могут входить в консорциум, формирующий головную организацию), непосредственно выполняющими работы по выводу из эксплуатации и реабилитации загрязненных территорий.

SLC выступает в качестве лицензиата площадки. Выдачей лицензий на эксплуатацию площадок с ядерными установками занимается Агентство по ядерному регулированию Великобритании (англ. Office for Nuclear Regulation). В штате SLC находится более 16 000 сотрудников, работающих на разных площадках NDA. При этом NDA непосредственно финансирует работу четырех SLC:

- Dounreay Site Restoration Limited;
- Low Level Waste Repository Limited;
- Magnox Limited;
- Sellafield Limited.

Данные организации были определены на конкурсной основе. Таким образом, РВО владеют акциями SLC в течение срока действия соответствующего контракта. РВО предоставляет SLC дополнительные ресурсы и экспертную поддержку. Каждая РВО представляет собой консорциум, состоящий из нескольких негосударственных компаний.

На сегодняшний день три SLC находятся под управлением разных РВО, и только Sellafeld Limited недавно перешла под управление NDA.

В табл. 2.4 представлен перечень РВО и SLC для каждой из 17 площадок NDA.

Табл. 2.4. Операторы площадок NDA

Площадка	SLC	РВО
Беркли, Брадзуэлл, Чапелкросс, Дандженесс А, Хинкли-Поинт А, Хантерстоун А, Олдбери, Траусфинид, Сизвелл А, Уилфа, Харвелл и Уинфрит	Magnox Ltd.	Cavendish Fluor Partnership Ltd Контракт – с сентября 2014 года
Пункт захоронения НАО вблизи Дригга	LLWR Ltd.	UK Nuclear Waste Management Ltd в состав консорциума также входят URS, Studsvik, Areva, Serco) Контракт – с 2008 года (обновлен в 2013 году)
Даунрей	Dounreay Site Restoration Ltd.	Cavendish Dounreay Partnership Ltd, в состав консорциума также входят (Cavendish Nuclear, CH2M Hill, URS) Контракт – с 2012 года
Спрингфилдс	Springfields Fuels Ltd.	Westinghouse Electric UK Limited
Капенхёрст	Capenhurst Nuclear Services	URENCO UK Limited

Согласно утвержденной процедуре, SLC совместно с NDA обязаны разрабатывать стратегии вывода из эксплуатации по каждой площадке, а положения закона о ядерных реакторах от 2006 года [27] также содержат требования относительно необходимости разработки оценки потенциального воздействия на окружающую среду работ, связанных с реализацией проектов по выводу из эксплуатации атомных электростанций и ядерных реакторов (оценка воздействия на окружающую среду работ по выводу из эксплуатации).

Кроме того, эти требования направлены на обеспечение открытости и прозрачности всего процесса принятия решений при выполнении программ по выводу из эксплуатации. Так, в соответствии с требованиями закона, на каждом этапе осуществления проекта и с самого его начала обязательно проведение консультаций с широкой общественностью и другими заинтересованными сторонами по вопросам выбора различных подходов и стратегий реализации проектов на основании оценки связанного с ними воздействия на окружающую среду.

Отчет о влиянии на окружающую среду, содержащий подробную информацию о потенциальном воздействии работ, включенных в программу по выводу из эксплуатации, направляют на рассмотрение Исполнительному комитету по вопросам здравоохранения и обеспечения безопасности (англ. Health and Safety Executive, HSE), лицензирующему все ядерные установки Великобритании.

HSE после проведения консультаций с другими заинтересованными сторонами проекта (агентствами по охране окружающей среды, природоохранными организациями, местными органами власти и т. п.) принимает решение о проведении работ по выводу из эксплуатации. HSE разработана политика [28] и руководящие принципы [29], определяющие те критерии, которым должна удовлетворять площадка для того, чтобы к ней больше не применялись требования ядерного лицензирования. Для этого ее оператор должен продемонстрировать тот факт, что остаточное загрязнение на площадке больше не представляет опасности.

Так, в соответствии с требованиями HSE, «оператор должен доказать, что оставшиеся радиологические опасности, связанные с площадкой, не обуславливают значительные уровни риска для населения при осуществлении любых прогнозируемых видов деятельности, которые могут быть осуществлены на площадке в будущем в соответствии с присвоенной ей категорией землепользования». Таким образом, при принятии решений по площадкам ядерного наследия HSE руководствуется принципом, согласно которому «приемлемым считается риск, который в год может обуславливать один летальный исход на миллион».

Чтобы определить соблюдены ли критерии по риску или нет, производят расчет концентраций радиоактивных веществ (дозовый предел 10 мЗв/год и набор сценариев) и сравнивают с соответствующими пределами по концентрациям радионуклидов при изъятии и освобождении от регулирующего контроля, представленными в руководстве МАГАТЭ [30]. Кроме того, в требованиях HSE [31] отражен принцип ALARP (англ. as soon as reasonably practicable, т. е. работы по выводу из эксплуатации должны закончиться настолько быстро, насколько это целесообразно и технически осуществимо).

Управление ядерного регулирования (англ. Office for Nuclear Regulation, ONR) осуществляет функции регулирующего органа по вопросам обеспечения безопасности всех ядерных установок Великобритании. ONR разрабатывает подробные программы осуществления регулирующего контроля на каждой площадке, имеющей ядерную лицензию. Для каждой площадки ONR назначает своего инспектора. Причем крупные ядерные комплексы (например, Селлафилд) контролируются сразу несколькими инспекторами [31]. ONR рассматривает земли, загрязненные радиоактивными веществами, а также радиоактивные отходы, размещенные на получивших ядерную лицензию площадках, в качестве «ядерного материала» (если этот материал не размещен в лицензированных пунктах захоронения). В соответствии с положениями условий лицензии, лицензиат обязан осуществлять контроль за таким материалом и обеспечивать его удержание, а также фиксировать сведения о его количестве и месте размещения, обосновывать принимаемые меры по обеспечению безопасности (обоснование безопасности).

Описанные выше требования не распространяются на радиоактивно загрязненные земли, относящиеся к площадкам, не имеющим ядерную лицензию. В этом случае регулирование осуществляется в соответствии с частью второй закона о защите окружающей среды от 1990 года, в соответствии с положениями которого определен поря-

док выявления и очистки земель, обуславливающих неприемлемые уровни риска для здоровья человека и окружающей среды. В 2006 и 2007 гг. в этот закон были внесены поправки, согласно которым его положения стали распространяться в том числе и на земли, загрязненные в результате эксплуатации ядерных установок. Согласно положениям закона, участок земли признается радиоактивно загрязненным, если обуславливает получение среднегодовой взвешенной дозы на уровне 3 мЗв и выше. В случае если загрязнение обусловлено отдельными радиоактивными частицами, то при выявлении доз, превышающих 50 мЗв, решение о признании участка земли радиоактивно загрязненным принимается по результатам всестороннего анализа целого ряда факторов.

Законодательная база, регулирующая деятельность NDA

Ключевой документ, определивший создание NDA и полностью регулирующий его деятельность – Закон об энергии 2004 года (Energy Act, 2004). Регулирование деятельности NDA приведено в Главах 1–2 Части 1 Закона. Ввиду того что Закон об энергии описывает механизм работы NDA предельно детально, внутри организации практически не используются дополнительные внутренние нормативные документы.

Закон определяет ключевые обязанности, права, полномочия и сферы ответственности NDA. Оператор обязан выполнять закрепленные за ним функции, установленные положениями Закона об энергии. Так, Законом определено, что основная обязанность NDA – реализация работ по ликвидации государственных объектов ядерного наследия должна осуществляться при обеспечении всех мер безопасности, экономической эффективности и без урона для окружающей среды. Законом определен перечень активов для передачи NDA. Отдельная глава посвящена передаче активов от BNFL и UKAEA к оператору. Законом также регулируется финансовая деятельность оператора: финансовые обязательства NDA, доходы и затраты, займы и вопросы налогообложения.

Законом подробно описан спектр документов, которые NDA необходимо регулярно разрабатывать и предоставлять вышестоящему органу, а также процедуры, которые необходимо пройти для их согласования. Установлены три типа документов, обязательных для разработки: стратегия (каждые 5 лет), бизнес-план (ежегодно, сроком на 3 года), годовой отчет. Все действия, описанные NDA в своих планах, и стратегии должны быть направлены на исполнение ключевой обязанности NDA. По сути, Закон определяет направления работы, в то время как стратегия трансформирует их в конкретный перечень действий с конкретными сроками и количественными показателями.

В качестве дополнения к Закону об энергии был также выпущен «рамочный» документ (NDA Framework Document), определяющий систему управления и взаимодействия NDA с другими государственными органами Великобритании. Данный документ следует рассматривать только неразрывно с Законом об энергии, так как он не имеет юридической силы, но разъясняет применение ряда вопросов, отраженных в Законе. В первую очередь документ регулирует отношения NDA с головными организациями: Департаментом бизнеса, энергетики и промышленной политики (Department of business, energy and industrial strategy – DBEIS), а также с правительством Шотландии. Также в нем описаны функции ключевых исполнительных и наблюдательных органов NDA, в т. ч. генерального директора, совета директоров, совета по вознаграждению, комитета по аудиту.

Национальное регулирование

Существует обширный список законов, требования которых NDA обязано соблюдать в рамках своей деятельности, в табл. 2.5 представлены наиболее значимые из них.

Табл. 2.5. Наиболее значимые законы, регулирующие деятельность NDA

Название	Описание
«Белая книга» по геологическому захоронению (White Paper – Implementing Geological Disposal, 2014 год)	Документ определяет политику в отношении долгосрочного обращения с высокоактивными отходами, которое подразумевает разработку и строительство пункта глубинного геологического захоронения, а также решение по временному хранению отходов до момента ввода хранилища в эксплуатацию. Ответственным разработчиком назначена дочерняя организация NDA – Radioactive Waste Management Limited, т. е. по сути NDA несет ответственность за высокоактивные отходы в Великобритании.
Закон об обращении с радиоактивными веществами (Radioactive Substances Act), 1993 год	В Шотландии и Северной Ирландии вопросы обращения с радиоактивными материалами, их хранения и захоронения PAO регулируются в соответствии с положениями данного закона, основной посыл которого заключается в сведении к минимуму вреда, причиняемого населению и окружающей среде.
Законодательство об отходах (Waste Regulations), 2011 год	Определяет типологию отходов, в т. ч. PAO, в соответствии с уровнем опасности для населения и окружающей среды и с условиями обращения с ними.
Законодательство об экологических разрешениях (Environmental Permitting Regulations), 2010 год	Предоставляет формальное основание в виде лицензии или разрешения для захоронения радиоактивных отходов на лицензированных площадках. Основная задача – обеспечение оптимального уровня защиты окружающей среды и безопасности населения. Разрешения на деятельность с радиоактивно опасными материалами (хранение и захоронение) выдает Экологическое агентство Великобритании.
Закон о ядерных установках (Nuclear Installations Act), 1965 год	Закон устанавливает стандартные условия лицензирования работ на всех ядерно и радиационно опасных объектах. Данные условия диктуют необходимость соответствия получателя лицензии на эксплуатацию таких объектов всем необходимым требованиям, указанным в документе.
Закон об энергии (Energy Act), 2013 год	Постановление о создании Агентства по ядерному регулированию Великобритании (Office for Nuclear Regulation, ONR) и определение его функций, в том числе регулирование ядерной безопасности и безопасности на ядерных объектах. ONR выдает лицензии организациям под определенные виды деятельности. Каждая лицензия включает 36 стандартных условий, покрывающих условия ведения эксплуатационной деятельности и работ по выводу из эксплуатации.

Прочие национальные нормативные акты

- Закон об ионизирующем излучении (Ionising Radiation Regulations) от 1999 года;

- Закон о закрытых высокоактивных радионуклидных источниках и бесхозных источниках (High-activity Sealed Radioactive Sources and Orphan Sources Regulations) от 2005 года;
- Меры по предотвращению загрязнений и контролю (Pollution Prevention and Control) от 1999 года;
- Закон об охране окружающей среды (Environment Act) от 1995 года;
- Закон о компаниях (Companies Act) от 2006 года;
- Закон об экологической оценке планов и программ от 2004 года, Стратегическая оценка воздействия на окружающую среду (The Environmental Assessment of Plans and Programmes Regulations 2004 – The SEA Regulations).

Международные нормативные акты, которым соответствует деятельность NDA

- Директивы об основных стандартах по проблемам безопасности (Директивы Совета ЕС 96/29/Евратом и 2013/59/Евратом) (The Basic Safety Standards Directives (Council Directives 96/29/EURATOM and 2013/59/EURATOM));
- О промышленных выбросах (о комплексном предотвращении загрязнения и контроле над ним) (Директива Совета ЕС 2010/75/ЕС) (Integrated Pollution Prevention and Control (Council Directive 2010/75/EU));
- О контроле закрытых высокоактивных радионуклидных источников и бесхозных источников (Директива Совета ЕС 2003/122/Евратом) (The Control of High-Activity Sealed Radioactive Sources and Orphan Sources (Council Directive 2003/122/EURATOM; «the HASS Directive»));
- Рамочная директива по отходам (Директива Совета ЕС 2008/98/ЕС) (The Framework Directive on Waste (Council Directive 2008/98/EC));
- Основные положения Сообщества по ответственному и безопасному обращению с отработанным топливом и радиоактивными отходами (Директива 2011/70/Евратом) (The Community Framework for the Responsible and Safe Management of Spent Fuel and Radioactive Waste (2011/70/EURATOM));
- Конвенция OSPAR (OSPAR).

Финансовое обеспечение деятельности NDA

Рассмотрим вопрос финансирования деятельности NDA в контексте исторического развития и реструктуризации отрасли. Сегодня государство де-факто контролирует обеспечение всех обязательств по подготовке к окончательному захоронению РАО в отрасли: поскольку контроль над обязательствами, осуществляемый самими компаниями, не был успешен, в 2005 году государство вернуло его себе.

На рис. 2.22 проиллюстрирована эволюция ключевых форм обеспечения обязательств основных игроков отрасли. Основные этапы соответствуют ключевым этапам реструктуризации, приведенным на рис. 2.17.

До 1990 г. государственные организации CEGB и SSEB аккумулировали средства на будущее управление наследием из выручки, при этом деньги были выделены на резервных счетах, а не в отдельном фонде. Оценка накопленного объема обязательств

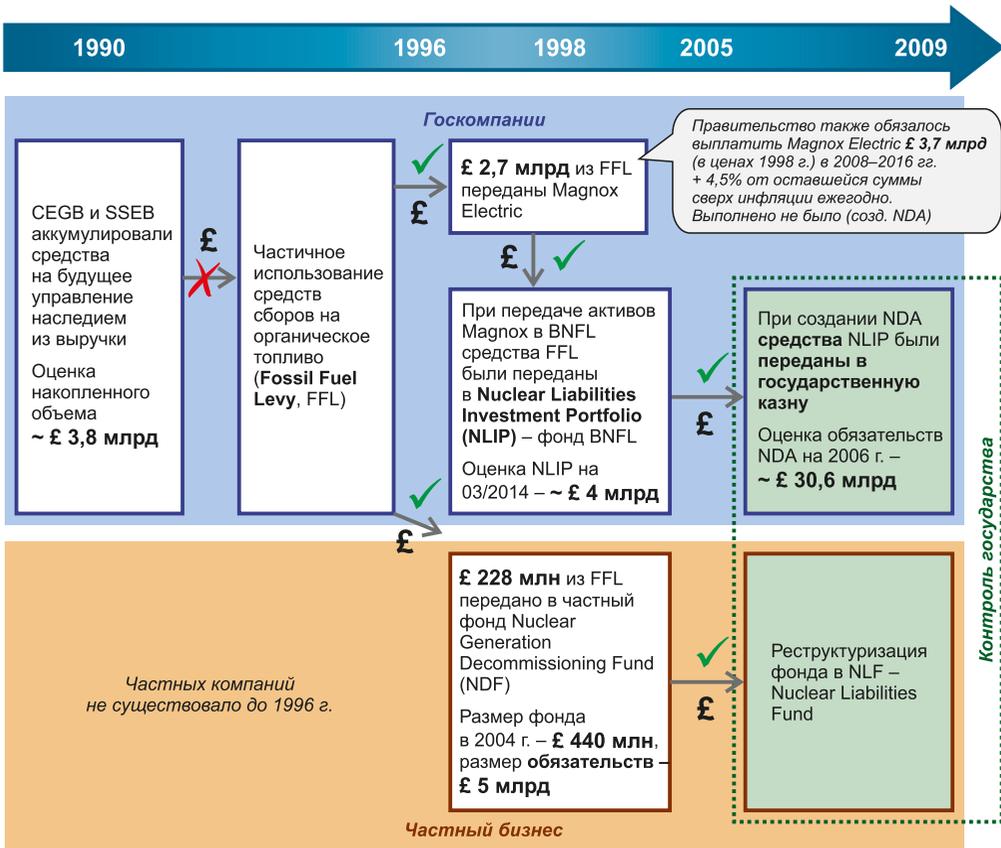


Рис. 2.22. Эволюция финансового обеспечения обязательств основных игроков атомной отрасли Великобритании

к 1990 году составила около £3,8 млрд. При реструктуризации в Nuclear Electric и Scottish Nuclear деньги были возвращены в государственную казну.

В период 1990–1996 гг. обеспечение обязательств по выводу из эксплуатации и подготовке к окончательному захоронению должно было финансироваться из фонда, формировавшегося за счет отчислений производителей органического топлива (Fossil Fuel Levy, FFL). Однако средства данного фонда не были использованы по назначению, и часть средств ушла на строительство АЭС Sizewell B. Оставшаяся часть сохранилась и составила около £3 млрд.

Большая часть этих средств (£2,7 млрд) в 1996 г. была передана Magnox Electric. Одновременно с этим правительство также обязалось выплатить Magnox Electric сумму в размере £3,7 млрд (в ценах 1998 года) в период с 2008 по 2016 гг. с процентной ставкой 4,5 % от оставшейся суммы сверх инфляции ежегодно. Данное обязательство выполнено не было, т. к. в 2005 году был пересмотрен механизм обеспечения обязательств и было создано NDA. При передаче активов Magnox Electric в BNFL средства, унаследованные от FFL, были переданы в Nuclear Liabilities Investment Portfolio (NLIP) – фонд BNFL.

Оставшаяся часть FFL (£228 млн) в 1996 году была передана British Energy в частный фонд компании Nuclear Generation Decommissioning Fund (NDF) в качестве стартового капитала. British Energy обязалась пополнять фонд на £4 млн ежеквартально. Таким образом, в 2004 г. размер фонда NDF составил £440 млн. Данный накопленный объем был несопоставим с оценкой обязательств компании на тот момент – £5 млрд.

В 2005 году произошли значительные изменения в системе управления обязательствами в связи с обнаружением факта существенной недооценки объема обязательств как BNFL, так и British Energy. При передаче активов и обязательств BNFL в NDA накопленные средства NLIP (около £4 млрд) были переданы в государственную казну и затем были использованы для обеспечения начальных этапов работы NDA. При этом оценка обязательств NDA на 2006 год составила £30,6 млрд, что значительно превышало полученные средства.

В частном секторе государство также взяло на себя роль по контролю обязательств. Так, в 2005 году произошла реструктуризация фонда British Energy NDF в Nuclear Liabilities Fund (NLF), который перешел в совместное владение государства и British Energy (сегодня – EDF). Разрешение на использование средств этого фонда дает NDA.

Таким образом, в настоящее время государство контролирует обязательства всей отрасли: напрямую управляет фондом через NDA и участвует в управлении фондом BE.

Для того чтобы обеспечить деятельность по управлению наследием, NDA использует два основных источника финансирования: средства государственного бюджета и прибыль от коммерческой деятельности. На сегодняшний день объем финансирования затрат из коммерческих доходов NDA стабилизировался на уровне ~30%. На рис. 2.23 представлена динамика структуры финансирования деятельности NDA.

Коммерческая выручка формируется за счёт различных направлений деятельности NDA. На рис. 2.24 (стр. 40) представлены объём и структура доходов NDA с момента его создания до настоящего времени, а также прогноз до 2018 года. Ключевой источник роста коммерческой выручки – переработка ОЯТ в Селлафилде.

Следует отметить значительные изменения структуры и объема выручки. Значительный рост выручки произошел в 2007 году за счет переоценки доходов от переработки отходов, категоризация которых была изменена. В 2010 году про-

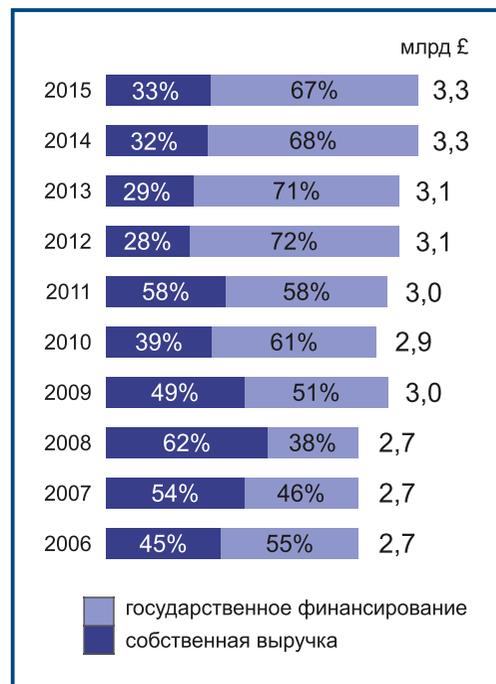


Рис. 2.23. Структура финансирования затрат по управлению наследием NDA

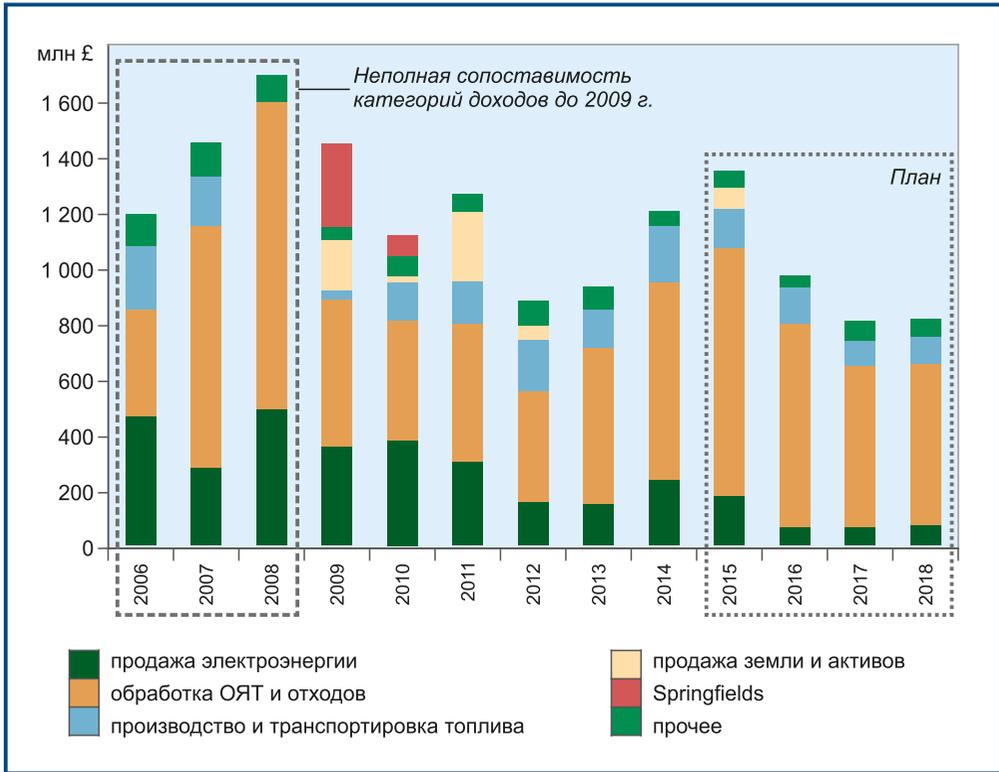


Рис. 2.24. Динамика объема и структуры доходов NDA в период 2006–2015 г. и прогноз до 2018 г.

изошло сокращение выручки от продажи топлива, произведенного Springfields, из-за его закрытия и начала работ по выводу из эксплуатации. До 2012 года продолжалась коммерческая активность в сфере производства электроэнергии; она планомерно снижается – в соответствии с планом вывода активов из эксплуатации.

Рассмотрим подробнее ситуацию с переработкой ОЯТ – ключевым источником коммерческой выручки NDA. Сегодня в Великобритании все мощности по переработке ОЯТ находятся во владении NDA. Существует два типа топлива – Магnox и AGR, переработка обоих типов происходит на базе мощностей комплекса Селлафилд (рис. 2.25).

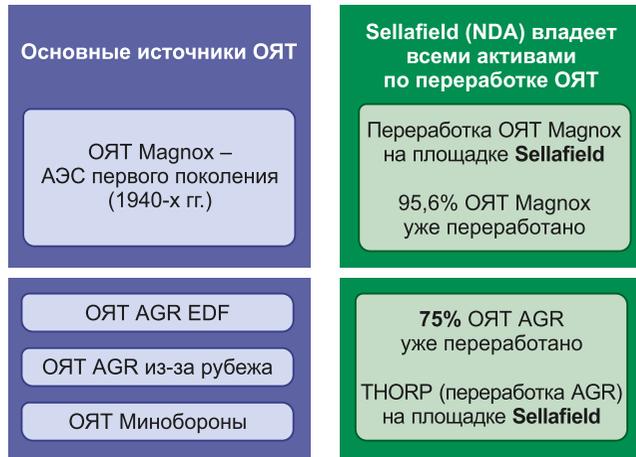


Рис. 2.25. Основные источники и активы по переработке ОЯТ в Великобритании

Одна из ключевых программ NDA – переработка топлива типа Magnox, использовавшегося в британских АЭС первого поколения (1940–1960-е гг.). На сегодня 95,6 % этого типа ОЯТ уже переработано. Однако если программу переработки не удастся полностью завершить в срок до 2018 года, для покрытия оставшихся обязательств по ОЯТ Magnox будет необходим поиск альтернативных решений. Данные временные рамки обусловлены тем, что производственная база является крайне изношенной, что повышает риск невыполнения программы. В качестве альтернатив возможны два варианта: разработка новой программы по переработке (потребуется существенных дополнительных инвестиций в модернизацию предприятия) либо обеспечение окончательной изоляции оставшегося ОЯТ в пункте глубинного геологического захоронения.

Вторым источником ОЯТ, перерабатываемого на площадке Селлафилд, является топливо, отработанное в реакторах типа AGR. Оно поставляется в Селлафилд преимущественно от частных компаний – как британских, так и зарубежных. На сегодняшний момент 75 % ОЯТ AGR переработано (согласно объему по действующим контрактам). Аналогичная ситуация складывается и с ОЯТ Magnox: мощности предприятия THORP, на котором осуществляется переработка AGR, также требуют обновления и существенных капитальных затрат. В связи с этим на текущий момент также рассматриваются две альтернативы по организации обращения с оставшимся ОЯТ AGR: продолжение коммерческой переработки ОЯТ AGR в Селлафилде вплоть до 2120 года (с соответствующей модернизацией предприятия) либо долгосрочное захоронение оставшегося британского ОЯТ, возврат зарубежного.

В целом вопрос о будущем обращении с ОЯТ является сегодня одним из ключевых на повестке руководства NDA и государства, однако однозначное решение по нему пока не принято.

Таким образом, вопрос некорректности оценки объема обязательств по наследию является одним из ключевых: именно такая оценка обязательств привела к вмешательству государства и учреждению NDA. Ниже представлены данные по различным итерациям оценки обязательств компаний BE и BNFL.

На рис. 2.26 видно, что объем фонда по ядерным обязательствам BNFL был в целом стабилен – около £4 млрд в период 1999–2006 гг. При создании NDA оценка обязательств по данным активам возросла до ~£70 млрд (оценка без учета фактора дисконтирования, в постоянных ценах 2016 года; при дисконтировании значение равно £30,6 млрд). Данный рост мог быть обусловлен с одной стороны желанием BNFL занизить свои обязательства (т. к. еще сохранялась идея о приватизации), с другой – ростом понимания реальной стоимости работ по выводу из эксплуатации на основе накопленного опыта, в том числе и зарубежного. За 10 лет собственная оценка обязательств NDA увеличилась еще больше по мере понимания реального объема работ по наследию и в 2016 году составила ~£117 млрд (в постоянных ценах 2016 года, без учета дисконтирования). При этом за период 2006–2016 гг. на программу NDA уже было потрачено более £30 млрд.

Сегодня в NDA отмечают, что даже значения 2016 года не являются окончательными: возможна дальнейшая переоценка как в сторону роста (более вероятно), так и в сторону снижения. Наиболее трудным активом является Селлафилд, оценка обязательств по которому согласно прогнозам NDA может вырасти на ~£100 млрд.

В то же время в сегменте коммерческих АЭС недооценка обязательств также была многократной, что в конечном счете привело к продаже British Energy французской

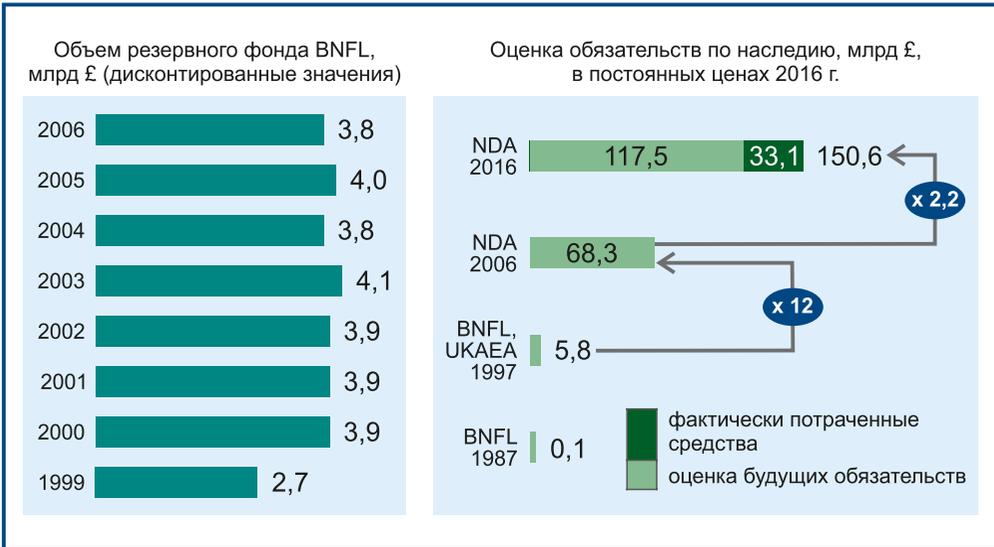


Рис. 2.26. Объем резервного фонда BNFL до 2006 года и оценка объема обязательств по наследию NDA

компании EDF. На рис. 2.27 представлена оценка обязательств ВЕ по состоянию на 2004 год, в 17 раз опережающая реальный объем денежных средств в фонде на тот год.

До 2004 года фонд Nuclear Generation Decommissioning Fund (NDF) формировался из собственных отчислений ВЕ на основе первоначального вклада государственных средств (в 1996 году – £228 млн за счет средств фонда FFL). NDF являлся частным фондом British Energy, в который ежеквартально вносилось £4 млн.

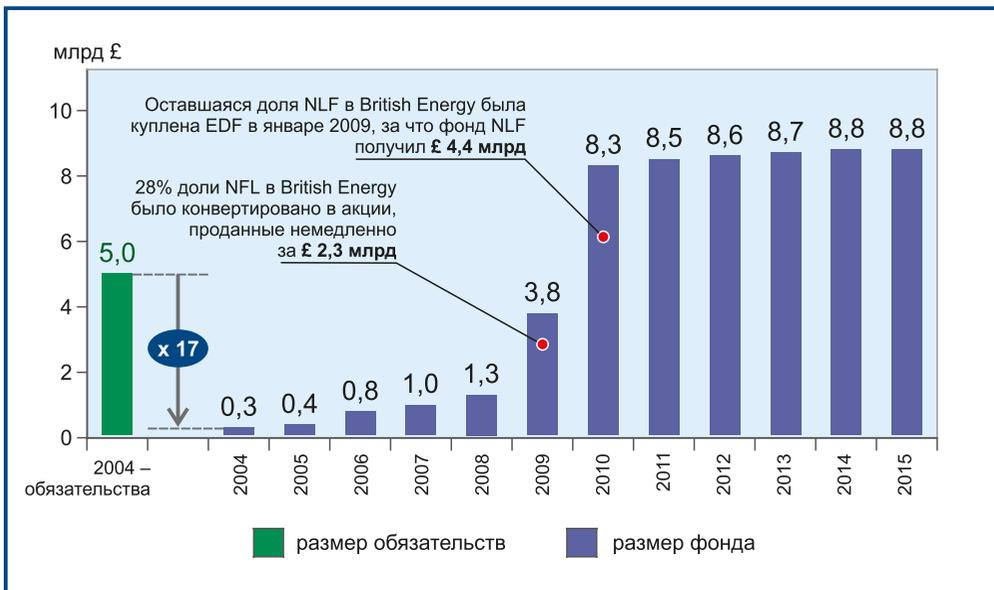


Рис. 2.27. Оценка обязательств ВЕ на 2004 г. и динамика объема фонда NLF

В 2004 году государством была проведена реструктуризация British Energy и фонда, который был переименован в NLF – Nuclear Liabilities Fund. Этот фонд находится в совместном владении государства и British Energy (EDF). В рамках реструктуризации государством фонду были выделены значительные права:

- до завершения сделки с EDF (19 января 2009 года) фонд получал долю от свободного денежного потока British Energy (изначально – 65 %);
- фонд также имел право конвертировать эту долю в акции British Energy.

Фонд реализовал это право в два этапа: первая часть акций NLF была продана EDF за £2,3 млрд, вторая – за £4,4. Таким образом, от общего размера сделки в £12,5 млрд более половины было обусловлено продажей акций компании фондом NLF. Иными словами, оценка обязательств по выводу из эксплуатации и подготовке к окончательному захоронению сопоставима с общей стоимостью компании.

За счет того, что все средства от продажи акций остались в фонде, его объем резко возрос и остался на стабильном уровне с 2010 года. Хотя несмотря на значительный рост обеспечения, вопрос достаточности фондов остается открытым.

Рассмотрим гипотетический сценарий, при котором объем обязательств будет стабильно расти с темпом инфляции, а объем фонда – с текущим уровнем доходности и чистых поступлений от EDF. При таких условиях к 2040 году доходность от инвестиционной деятельности может не обеспечить роста капитала NLF, достаточного для покрытия всех обязательств (рис. 2.28): их размер будет сопоставим.

В данном случае мы предполагаем, что доходность останется на уровне 0,7 % от размера фонда (среднее за 7 лет после поглощения BE), чистые поступления от EDF – 0,1 % (аналогично, среднее за 7 лет). Также за основу взяты данные по прогнозу инфляции Международного Валютного Фонда (рис. 2.29).

Данный пример демонстрирует, что для того, чтобы в будущем объем фонда был достаточен для покрытия обязательств, принципиально важно, по крайней мере, поддерживать текущий уровень доходности, так как его снижение несет риски невозможности выполнения обязательств.

Ниже более подробно рассмотрен процесс бюджетирования, т. е. то, каким образом NDA определяет объем средств, необходимых на определенный период. В данном случае ключевая роль NDA – балансирование финансовых интересов и возможностей государства (планирование «сверху вниз») и подрядчиков (планирование «снизу вверх»).

При согласовании проекта подрядчик разрабатывает план на весь срок жизни проекта, при этом особое внимание уделяется детальной проработке ближайших лет его исполнения (рис. 2.30). При подготовке бизнес-плана NDA на три года и бюджетировании на год подрядчик представляет краткосрочный план с указанием необходимой суммы.

При планировании «сверху вниз» ключевую роль играет DBEIS (головная организация NDA), который утверждает годовой бюджет. В целом финансирование NDA определяется на двух уровнях: существует долгосрочная стратегия NDA до 2120 года, но необходимо ежегодное согласование бюджета. DBEIS предлагает объем средств, доступных на год, в целом для всего NDA. Задачей NDA, соответственно, является распределение средств на год внутри программы между проектами.

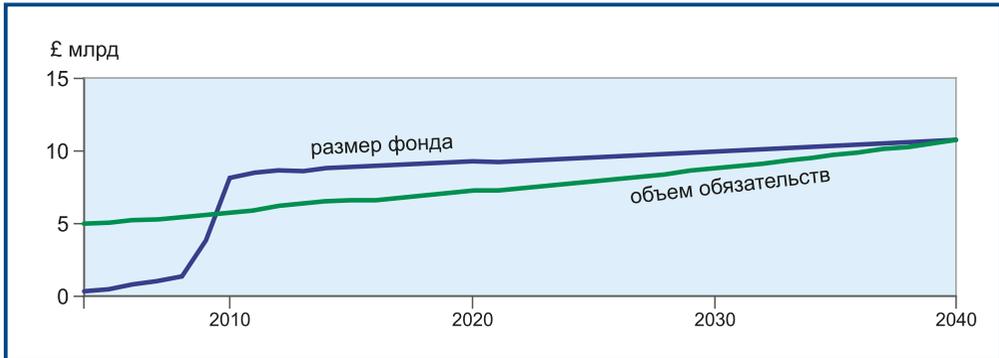


Рис. 2.28. Сценарий роста объема фонда NLF и обязательств EDF

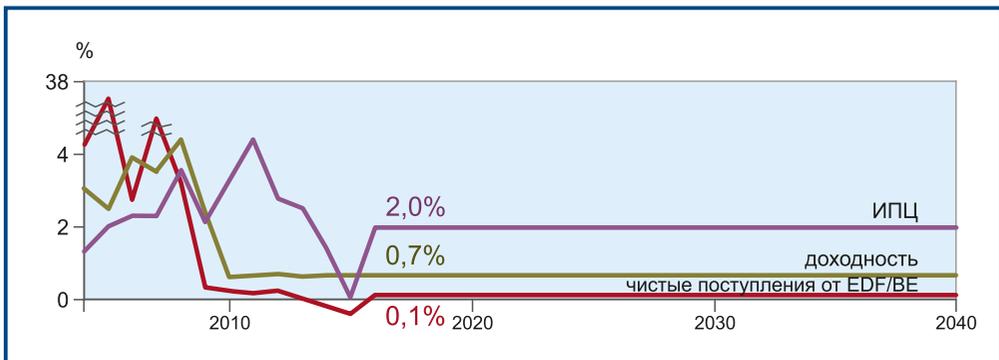


Рис. 2.29. Уровни доходности, инфляции, чистых поступлений от EDF

Для этого NDA необходимо ответить на ряд ключевых вопросов:

- Возможно ли получить дополнительные ресурсы. Если да, то из каких источников? (от DBEIS / от коммерческой деятельности)?
- Как следует приоритизировать работу в условиях ограниченного финансирования? Ключевыми определяющими факторами приоритизации является уровень опасности и рисков: приоритет отдается тем проектам, невыполнение задач по которым критично. При необходимости NDA также может перераспределить средства с других активов.

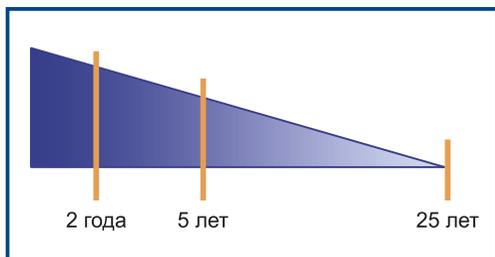


Рис. 2.30. Уровни детализации плана подрячика

При невозможности аллокации необходимых ресурсов на проект NDA может либо мотивировать подрядчиков снижать затраты, либо рассмотреть возможность сокращения или пересмотра сроков реализации проекта.

За счет такого процесса взаимодействия и согласования бюджетов удастся добиться наиболее оптимального распределения доступных средств.

§ 2.3. Программа NDA Великобритании по ликвидации объектов ядерного наследия

С 2006 года NDA каждые пять лет публикует обновленную версию стратегического плана по решению проблем ядерного наследия [3–5]. В последней версии данного документа, вышедшей весной 2016 года, NDA представило достаточно подробную комплексную программу, направленную на решение проблем ядерного наследия в масштабах всей страны, обозначив приблизительный срок окончания работ и примерные затраты на каждом этапе (рис. 2.31) [5].

В программу NDA по ядерному наследию продолжительностью около 120 лет включено 17 площадок (табл. 2.6, стр. 46). Приблизительно общая стоимость всех работ, включенных в программу, оценивается в более чем 115 млрд фунтов. В реальности из-за огромного количества неопределенностей, связанных с реализацией различных работ, запланированных в рамках данной программы, эта цифра может составить от 90 до 220 млрд фунтов стерлингов.

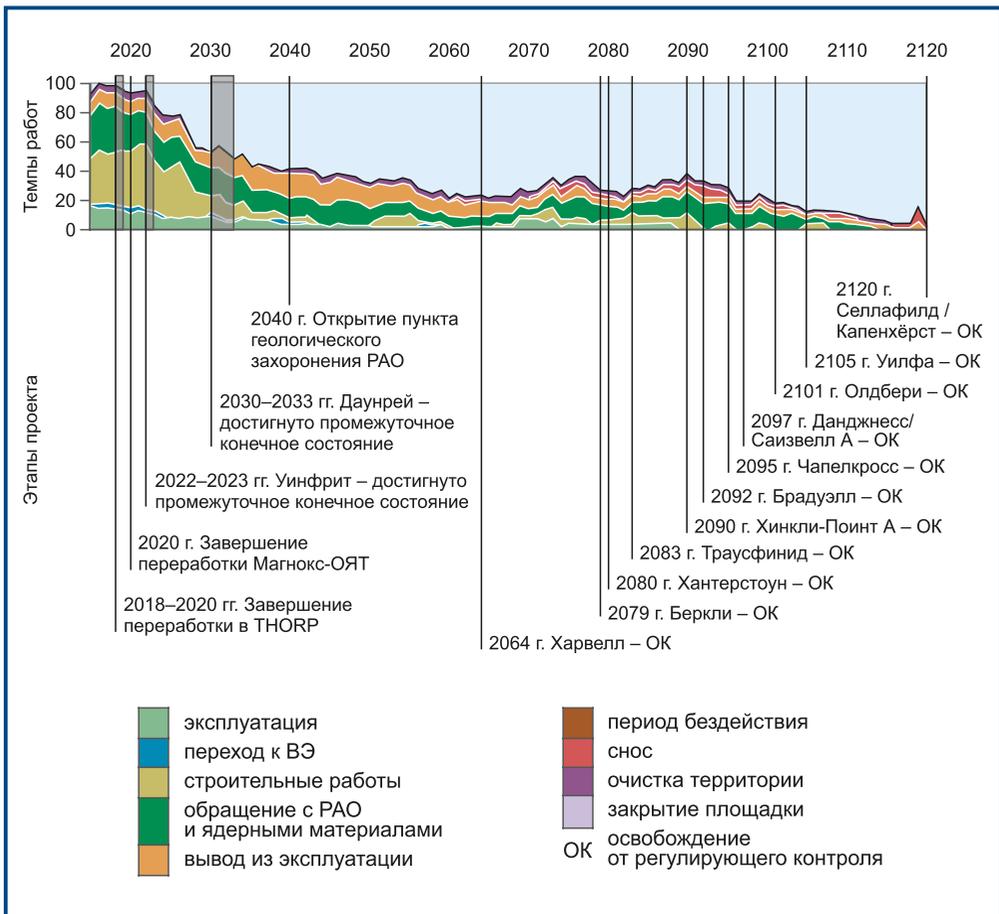


Рис. 2.31. Основные этапы работ, включенных в программу по ликвидации ядерного наследия Великобритании

Табл. 2.6. Основные намеченные этапы реализации программы NDA

Год	Событие/этап программы
2005 г.	Учреждение NDA
2011 г.	Завершение работ по выгрузке топлива из реакторов Чапелкросс и Дандженесс А
2018 г.	Завершение программы по переработке отработавшего топлива THORP
2020 г.	Завершение программы по переработке отработавшего МАГНОКС-топлива
2021 г.	Достижение промежуточного состояния для площадки АЭС Уинфрит
2029/30 гг.	Достижение промежуточного состояния для площадки АЭС Даунрей
2040 г.	Ввод в эксплуатацию пункта геологического захоронения долгоживущих НАО/САО и ОЯТ
2064 г.	Выведение площадки АЭС Харвелл из-под регулирующего контроля
2079 г.	Выведение площадки АЭС Беркли из-под регулирующего контроля
2080 г.	Выведение площадки АЭС Хантерстоун из-под регулирующего контроля
2083 г.	Выведение площадки АЭС Траусфинид из-под регулирующего контроля
2090 г.	Выведение площадки АЭС Хинкли-Поинт А из-под регулирующего контроля
2092 г.	Выведение площадки АЭС Брадуэлл из-под регулирующего контроля
2095 г.	Выведение площадки АЭС Чапелкросс из-под регулирующего контроля
2097 г.	Выведение площадки АЭС Дандженесс/Саизвелл А из-под регулирующего контроля
2101 г.	Выведение площадки АЭС Олдбери из-под регулирующего контроля
2105 г.	Выведение площадки АЭС Уилфа из-под регулирующего контроля
2120 г.	Выведение площадки Селлафилдского комплекса и комплекса Капенхёрст из-под регулирующего контроля

Среди объектов, находящихся на площадках, представленных на рис. 2.2, наиболее трудоемкими с точки зрения проведения работ по выводу из эксплуатации и очистке загрязненных территорий являются следующие [4]:

- заводы по переработке ОЯТ в Селлафилде;
- завод по обогащению топлива в Капенхёрсте;
- 12 реакторных площадок;
- площадка исследовательского реактора в Даунрее;
- две площадки исследовательских установок в Харвелле и Уинфрит;
- завод по производству топлива в Спрингфилде;
- пункт приповерхностного захоронения НАО.

Ожидается, что именно на эти площадки придется наибольший объем РАО, образующихся в ходе осуществления работ по выводу из эксплуатации и рекультивации загрязненных территорий (рис. 2.32, 2.33).

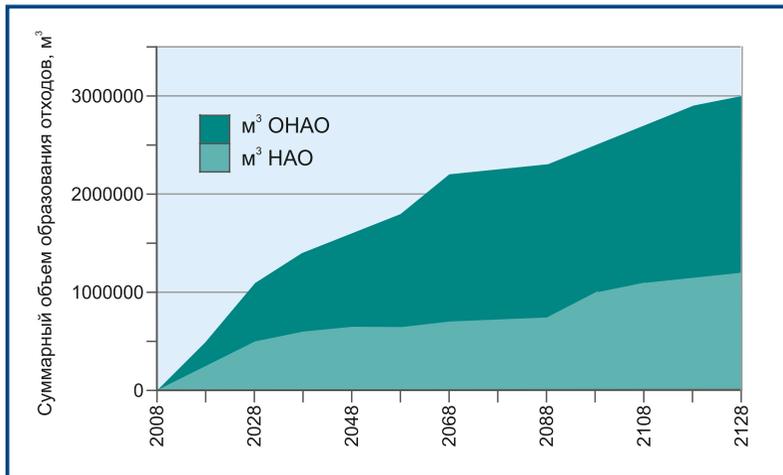


Рис. 2.32. Объемы образования НАО и ОНАО в результате реализации программы NDA по ядерному наследию

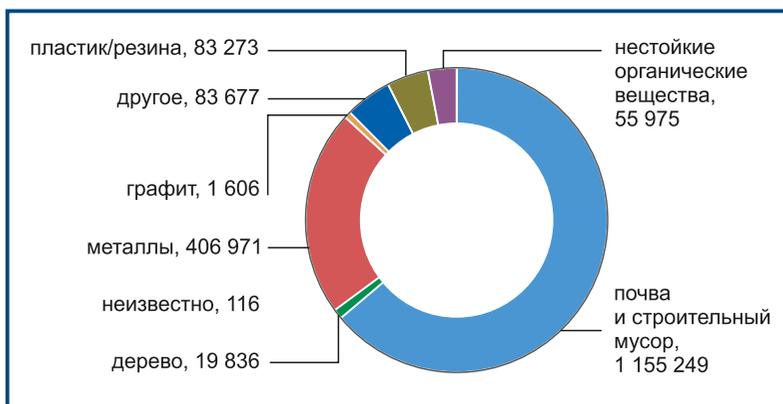


Рис. 2.33. Прогнозируемый реестр ОНАО (необработанных) от реализации программы NDA по ядерному наследию, м³

Общие подходы к реабилитации объектов ядерного наследия

В целом весь комплекс работ по ликвидации объектов ядерного наследия осуществляют в рамках четырех основополагающих стратегий по каждому направлению:

- вывод из эксплуатации и очистка загрязненных территорий;
- управление качеством земельных ресурсов;
- определение промежуточных и конечных состояний площадок;
- обеспечение будущего землепользования.

Что касается первого направления, то наиболее серьезные проблемы связаны с:

- объектами ядерного наследия, чей возраст во многих случаях превышает 60 лет, содержащих значительные объемы корродирующих радиоактивных материалов, обуславливающих высокие уровни риска для человека и окружающей среды;

- стареющими объектами инфраструктуры;
- загрязнением грунта и грунтовых вод, связанным с прошлой деятельностью.

Опыт прошлых работ показал, что при выборе целевых показателей при проведении работ по ликвидации объектов ядерного наследия наиболее целесообразно руководствоваться такими понятиями, как конечное и промежуточное состояние площадки. В большинстве случаев на достижение конечного состояния площадки могут уйти многие годы и даже десятилетия, поэтому видение промежуточных состояний площадок на каждом отдельном этапе позволяет сосредоточить усилия на достижение целей и задач, решаемых в ближайшей перспективе. Такой подход обеспечивает поэтапное снижение уровня риска или опасности, исходящих от площадки, а также позволяет повысить эффективность планирования.

После достижения определенного промежуточного состояния может продолжиться выполнение работ по выводу из эксплуатации (по варианту непрерывного или отложенного демонтажа) в зависимости от решения о временной приостановке работ или дальнейшем продвижении к достижению очередного промежуточного состояния. Что касается выбора стратегии проведения работ по выводу из эксплуатации (немедленный или отложенный демонтаж, захоронение на месте), а также варианта конечного состояния площадки («коричневая» или «зеленая» лужайка), то такое решение принимается отдельно по каждому объекту с учетом нескольких групп критериев (табл. 2.7).

Табл. 2.7. Критерии NDA, определяющие выбор стратегии вывода из эксплуатации объекта ядерного наследия и подхода к обращению с РАО [32]

Цель 1: Обеспечение безопасности и защиты окружающей среды	Цель 2: Экономическая эффективность	Цель 3: Социальная приемлемость
Критерий 1: Обеспечение защиты здоровья населения и окружающей среды <ul style="list-style-type: none"> • радиологическое воздействие на человека; • радиологическое воздействие на окружающую среду; • использование ресурсов; • нерадиологические выбросы/сбросы; • воздействие негативных факторов, связанных с реализацией выбранной стратегии в пределах рассматриваемого региона (увеличение уровня шума, интенсивности дорожного движения, вибрации, изменение категорий землепользования); • потенциальная опасность. 	Критерий 4: Затраты и выгоды <ul style="list-style-type: none"> • затраты; • дополнительные выгоды. 	Критерий 6: Стабильный уровень трудовой занятости
	Критерий 5: Точность прогнозирования уровня развития технологий <ul style="list-style-type: none"> • учет неопределенностей, связанных с выбранной для реализации технологией; • учет неопределенностей, связанных с проведением работ в рамках выбранной для реализации технологии (надежность, сложность оборудования) 	Критерий 7: Минимизация бремени, возлагаемого на будущие поколения
Критерий 2: Безопасность персонала <ul style="list-style-type: none"> • радиологическая безопасность; • нерадиологическая безопасность. 		
Критерий 3: Обеспечение физической безопасности		

Позднее эта система была интегрирована в комплексную систему оценки приоритетности объектов (англ. Value Framework) (рис. 2.34).

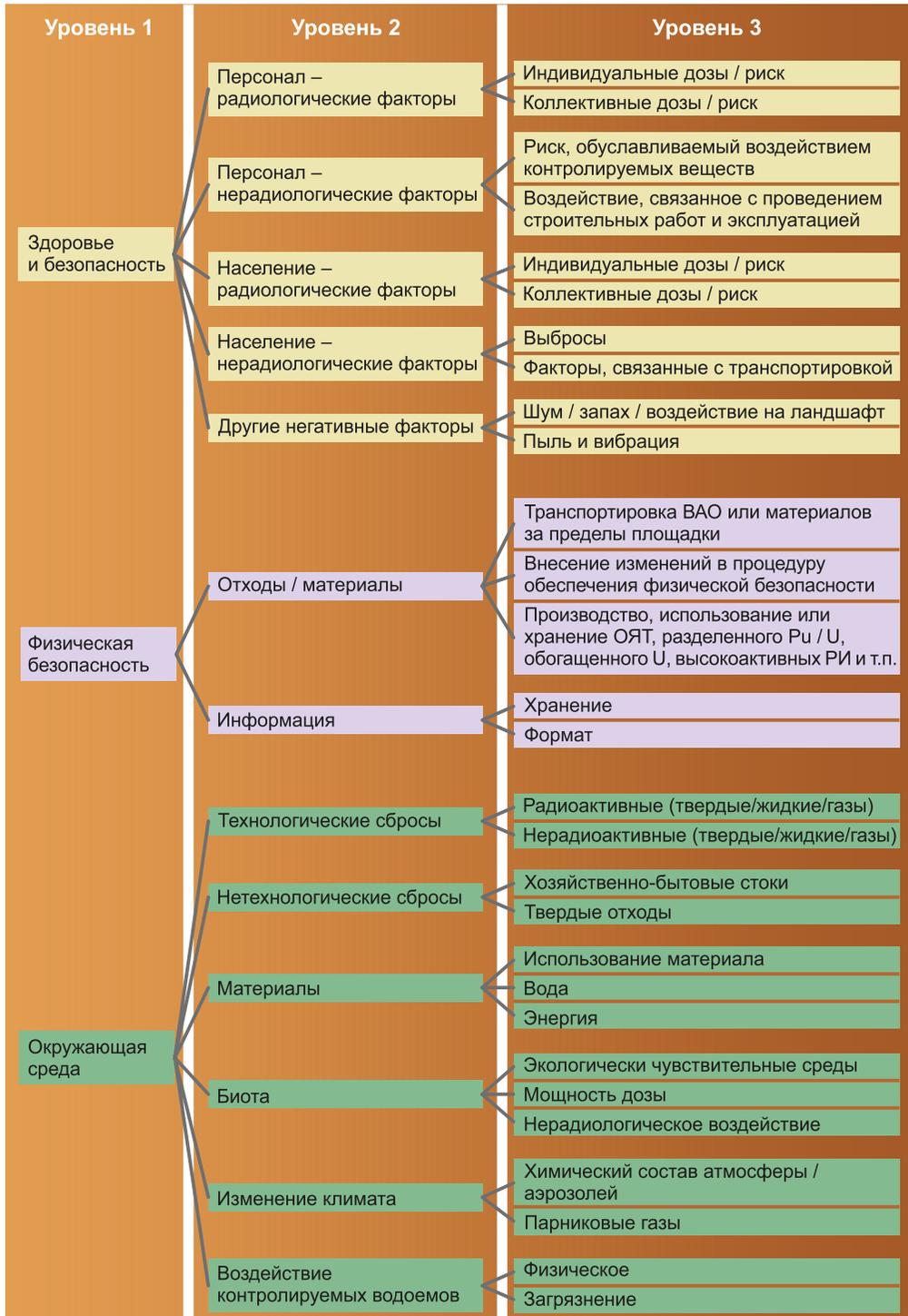


Рис. 2.34. Система комплексной оценки уровни приоритетности объекта или площадки, используемая NDA

Таким образом, скорость продвижения от одного промежуточного состояния к следующему зависит от уровня приоритетности площадки или объекта, который, в свою очередь, определяется в соответствии с данной системой, позволяющей выбрать наиболее предпочтительный вариант путем сопоставления характеристик и особенностей площадки по специальному перечню факторов, характеризующих каждый предлагаемый вариант [32]:

- здоровье и безопасность;
- физическая безопасность;
- защита окружающей среды;
- снижение риска/опасности;
- социально-экономическое воздействие;
- затраты;
- реализация миссии NDA.

Что касается приоритизации площадок по уровню риска, одной из составляющих системы комплексной оценки, то она в общих чертах представлена на рис. 2.35. В целом наиболее предпочтительным вариантом конечного состояния площадки является тот, который обеспечит возможность для ее повторного использования, а описанная выше система комплексной оценки позволяет найти определенный баланс между достоинствами и недостатками различных вариантов конечных и промежуточных состояний.



Рис. 2.35. Подход NDA к приоритизации объектов ядерного наследия по уровню риска

Рассмотрим подход, применяемый NDA в области ликвидации объектов ядерного наследия, на примере конкретных площадок. Среди объектов ядерного наследия, в прошлом обуславливавших неприемлемый уровень риска, следует выделить резервуарные хранилища комплекса Селлафилд, использовавшиеся для подготовки отработавшего топлива к переработке и хранения образцовывавшихся от переработки ОЯТ отходов.

Предварительно при проектировании таких установок планов по их выводу из эксплуатации разработано не было. Кроме того, задачу вывода из эксплуатации осложняют значительные неопределенности, обуславливаемые тем фактом, что по окончании эксплуатации должным образом не были выполнены операции по очистке этих хранилищ. Ввиду необходимости принятия неотложных мер было принято решение об извлечении всех ВАО из стареющих резервуаров и их размещении в современных пунктах хранения. От необходимости проведения предварительной переработки ВАО, предполагающей их кондиционирование с получением формы отходов, пригодной для последующего захоронения, было решено отказаться. Подробнее о ходе работ по выводу из эксплуатации данных объектов рассказано ниже.

Следует отметить, что среди всех объектов ядерного наследия проекты по выводу из эксплуатации и ликвидации установок Селлафилда занимают первое место по уровню приоритетности.

Далее по уровню приоритетности следуют проекты по выводу из эксплуатации объектов флота, Магнокс реакторов, объектов комплекса Даунрей и обращение с НАО.

2.3.1. Планы реабилитации объектов ядерного наследия комплекса Селлафилд

В апреле 2005 года Селлафилд, а также ряд других ядерных объектов Великобритании был передан в ведение NDA, задачей которого стало «проведение мероприятий по очистке территории объектов ядерного наследия при условии обеспечения безопасности и экономической эффективности с целью защиты окружающей среды на благо нынешнему и будущим поколениям».

В мае 2011 года был принят проект плана, регламентирующий проведение всех восстановительных мероприятий по Селлафилдскому комплексу вплоть до 2120 года (рис. 2.36) [33], а также определивший стоимость выполнения отдельных работ (англ. Sellafield Plan) [22].

Согласно утвержденному плану к 2120 году будут завершены все работы по очистке и реабилитации территории комплекса, а к 2036 году закончится выгрузка всех исторических РАО из мокрых и сухих хранилищ.

Наиболее загрязненной областью Селлафилдского комплекса является зона радиохимического производства площадью всего в 2,6 км², где находятся порядка 1 400 зданий, 240 из которых представляют собой различные ядерные установки. По приблизительным оценкам на территории комплекса радиоактивному загрязнению подверглось порядка 1 млн м³ бетонных конструкций на поверхности земли и еще 1 млн м³ подземных конструкций [34].

Сегодня миссия Селлафилда заключается в одновременном выполнении двух основных задач (рис. 2.37) [35]:

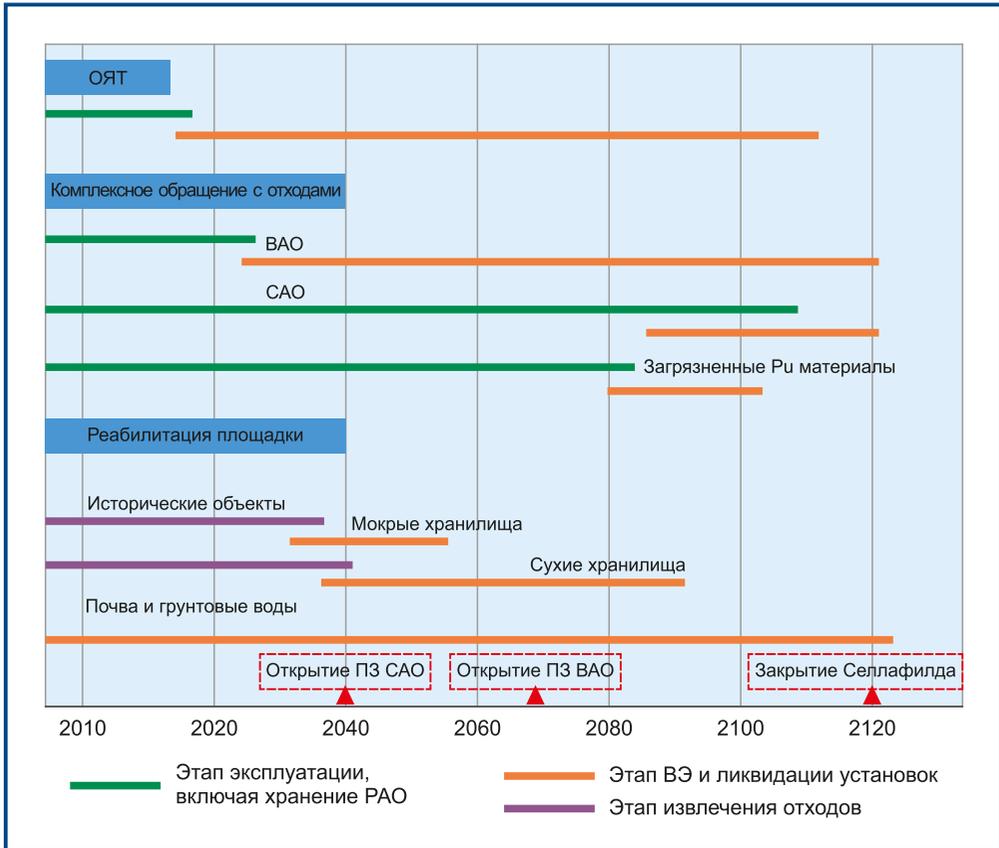


Рис. 2.36. Сроки исполнения мероприятий, предусмотренных в рамках стратегического плана по Селлафилду



Рис. 2.37. Ключевые направления работ в Селлафилде

- очистке территории комплекса от загрязнения и выводе из эксплуатации исторических ядерных установок;
- выполнении плана по коммерческой переработке ОЯТ.

В рамках программы, направленной на решение первой задачи, уже выведено из эксплуатации и ликвидировано 55 установок. Реализация мероприятий по извлечению отходов пока идет с переменным успехом. Кроме того, на многих исторических объектах осуществляется целый ряд ремонтных и восстановительных работ, например, была заделана крупная трещина в одном из бассейнов-хранилищ.

Кроме того, в Селлафилде продолжается переработка ОЯТ. За 2011–2012 гг. на установках по переработке РАО было остекловано свыше 2 300 тонн РАО [35]. Данные по суммарному количеству переработки ОЯТ Магнокс и АGR представлены на рис. 2.38 [5].

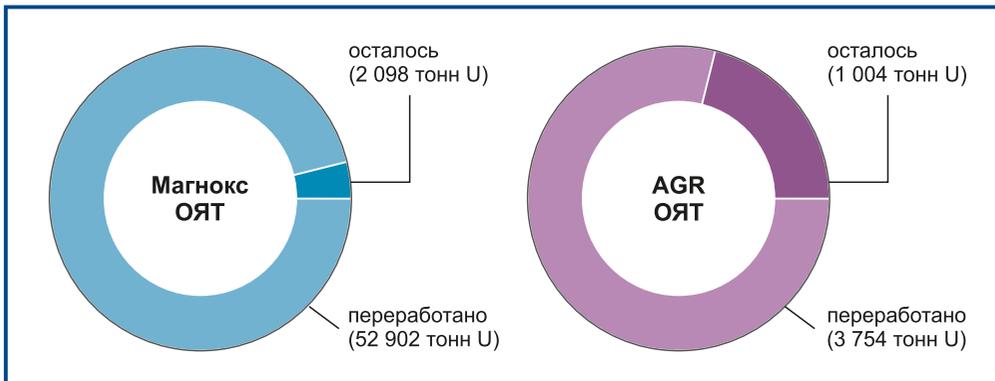


Рис. 2.38. Данные по переработке ОЯТ в Селлафилде

На Селлафилд по уровню активности приходится около 95% всех РАО, накопленных в Великобритании. Суммарный объем САО и НАО, хранящихся на площадке, составляет порядка 68 000 м³. Данные отходы будут находиться здесь на временном хранении (до 100 лет) до ввода в эксплуатацию пункта окончательной изоляции. Согласно текущим планам правительства, такая установка появится в Великобритании не раньше 2040 года [1].

Именно в Селлафилде расположены четыре объекта, проекты по выводу из эксплуатации которых был признаны наиболее приоритетными направлениями работ NDA [36]:

- проект по выводу из эксплуатации бассейна-хранилища ОЯТ Уиндскейл Пайл;
- проект по выводу из эксплуатации бассейна-хранилища ОЯТ Магнокс;
- проект по выводу из эксплуатации хранилища металлических отходов от реакторов Магнокс;
- проект по выводу из эксплуатации хранилища оболочек топливных элементов Уиндскейл Пайл.

Бассейн-хранилище ОЯТ Уиндскейл Пайл (см. стр. 22)

Программа работ по данному объекту предусматривает постепенное удаление всего объема накопленных РАО из бассейна. Сейчас шлам, расположенный на дне, перемещают в специальный резервуар – «загон», установленный внутри самого бассейна, где он будет храниться в ожидании ввода в эксплуатацию завода по переработке шлама. Окончательным этапом реализации программы должно стать полное осушение бассейна и ликвидация всех строительных конструкций [36].

В целом можно выделить следующие ключевые этапы реализации данной программы [22]:

- перемещение всего объема накопленного шлама в «загон» – сроки реализации 2015–2016 гг.;
- сооружение резервуаров для хранения шлама, в которых шлам будет находиться до передачи на шламоперерабатывающий завод, а также строительство самого завода – 2017–2018 гг.;
- сооружение установки по упаковке шлама в контейнеры объемом 3 м³, предназначенные для долговременного промежуточного хранения, окончание работ по извлечению отходов из хранилища – 2024 год;
- переработка извлеченного оксидного топлива;
- направление металлического топлива на установку по обращению с ОЯТ и затем в пункт промежуточного хранения в Селлафилде;
- упаковка оставшихся твердых CAO в контейнеры по 3 м³ и обеспечение их безопасного промежуточного хранения.

В марте 2016 года был завершен важный этап работ на площадке – из хранилища был извлечен весь объем металлического ОЯТ (на ОЯТ приходилось 70 % активности, хранившейся в бассейне), который поместили в современный пункт хранения, расположенный на территории комплекса. Работы по его извлечению стартовали еще в 2011 году: тогда из бассейна было удалено 350 кг ОЯТ. Все операции были реализованы дистанционно: операторы, находясь в экранированной камере, контролировали работу манипуляторов с расстояния 12 м. Всего в бассейне хранилась 191 канистра, содержащая прутковые ТВЭЛы, таблетки ОЯТ и топливные оболочки из реактора AGR.

Теперь, когда операции по извлечению ОЯТ из бассейна завершены, приоритетным направлением работ стало извлечение из бассейна PAO. По приблизительным оценкам в бассейне содержится около 350 м³ радиоактивного шлама, 750 м³ среднеактивных отходов и низкоактивных твердых отходов. Откачка шлама со дна бассейна началась летом 2016 года, а работы по осушению бассейна планируется начать в 2019 году, что на 21 год опережает сроки, изначально утвержденные графиком выполнения работ по проекту [24].

Бассейн-хранилище ОЯТ Магнокс (см. стр. 23)

Программа по данному объекту предусматривает постепенное удаление всего объема накопленного шлама, его упаковку в контейнеры и направление на долговременное хранение, извлечение топлива и его направление на непродолжительное промежуточное хранение на Селлафилдскую установку по обращению с топливом, переработку топлива и ТРО с последующей передачей на долгосрочное хранение [22].

На рис. 2.39 представлена схема реализации данной программы. Окончание работ по извлечению отходов из хранилища намечено на 2034 год [24].

В июне 2014 года на площадке завершились работы по сооружению новой установки по обращению с радиоактивным шламом. Строительные работы заняли более шести лет и обошлись NDA в 402 млн долларов. Завод по упаковке шлама (Sludge Packaging Plant (SPP1)) состоит из трех 240-тонных камер-хранилищ, изготовленных из нержавеющей стали, куда посредством трубопровода будет перекачиваться шлам из старого бас-

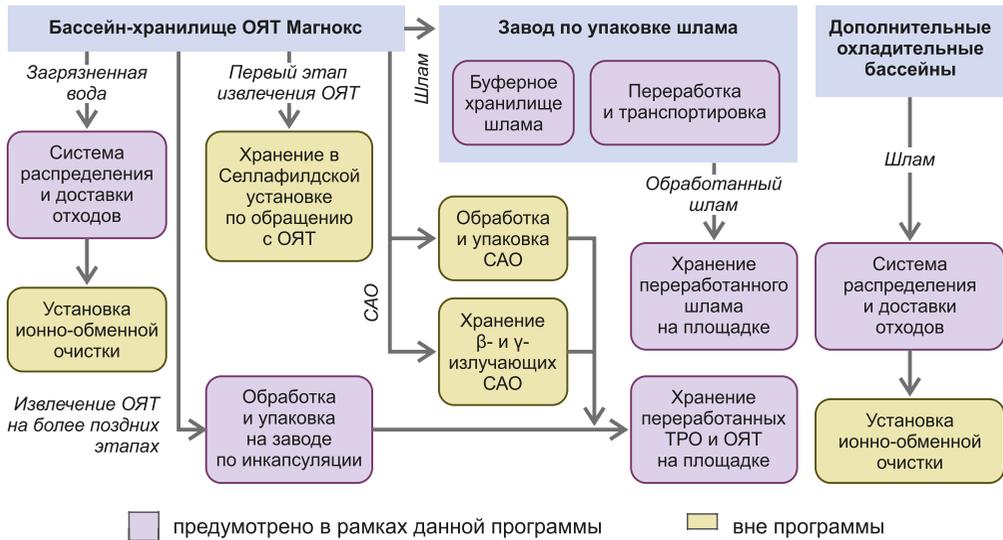


Рис. 2.39. Программа работ по бассейну-хранилищу ОЯТ Магнокс

сейна-хранилища. Объемы шлама, накопленного за 26 лет эксплуатации, оцениваются на уровне 1 500 м³. Самым сложным этапом проекта стала установка с помощью подъемного крана 50-тонного трубопровода протяженностью 31 метр, соединившего старый бассейн-хранилище и новую установку.

Поднятие и перекачка шлама со дна бассейна глубиной 7 м представляет собой чрезвычайно сложную задачу. Недавние испытания с применением сверхмалой подводной лодки и мощного струйного насоса доказали техническую возможность поднятия шлама, толщина слоя которого в некоторых участках бассейна достигает 1 м. Импульсные струйные мешатели, установленные внутри камер нового хранилища, позволят предотвратить повторное осаждение шлама и обеспечат его готовность к передаче на переработку для получения формы отходов, пригодной для окончательного захоронения. Первая партия шлама была извлечена со дна бассейна еще в марте 2016 года.

Общие затраты на подготовку бассейна к началу данных работ составили порядка 157 млн долларов. Завершение работ по извлечению шлама намечено на конец 2022 года, а приблизительная стоимость работ оценивается в порядка 493 млн долларов.

Хранилище металлических отходов реакторов Магнокс (см. стр. 23)

Сегодня полным ходом идет проектирование и сооружение целого ряда новых установок, которые позволят произвести полное удаление отходов из хранилища. Согласно текущим планам, сооружение первой такой установки будет завершено уже к 2017 году, а в 2017–2018 гг. после ввода в эксплуатацию перерабатывающего завода будет запущена программа по полномасштабному извлечению отходов из хранилища.

К 2018 году планировалось завершение работы по сооружению нового завода по инкапсуляции (англ. Silo Direct Encapsulation Plant, SDP) на базе старого, закрытого еще в 2004 году. Так, к 2005 году большая часть оборудования старого завода была демонтирована и начались работы по подготовке к строительству. В дополнение к этой установке планировалось ввести в строй еще один завод по инкапсуляции. Однако в сентябре 2015

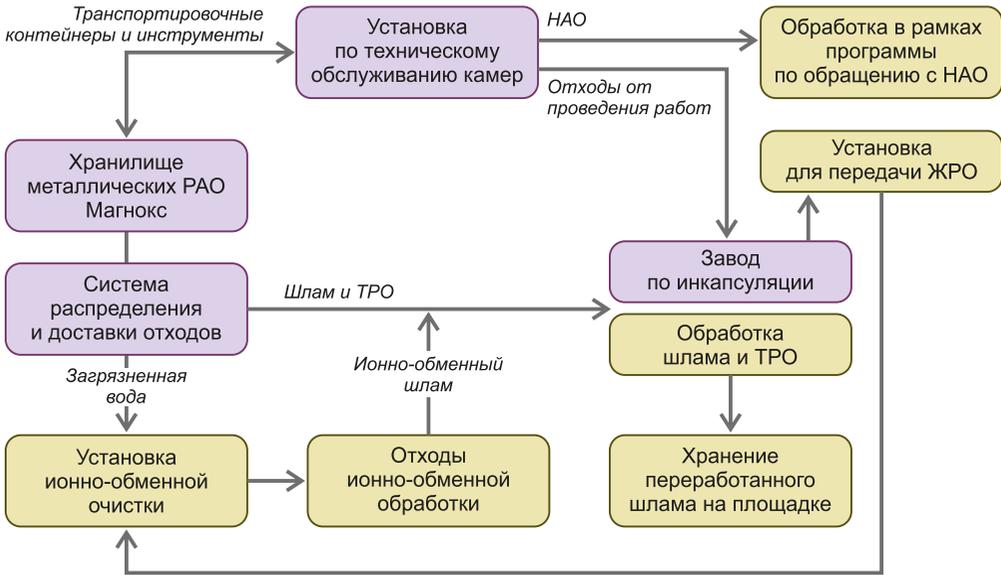


Рис. 2.40. Программа работ по хранилищу металлических отходов Магнокс

года в связи с разработкой инновационного проекта новых контейнеров для размещения переработанных РАО от строительства SDP было решено отказаться.

Еще одна запланированная установка – это завод по упаковке и передаче отходов, на котором отходы, поступающие из хранилища, будут упаковываться в контейнеры объемом 3 м³, а оттуда направляться в пункт хранения, расположенный на площадке завода по инкапсуляции. Полная программа по выводу из эксплуатации данного объекта представлена в табл. 2.8 и на рис. 2.40 [22]. Окончание работ по извлечению отходов из хранилища намечено на 2036 год [23].

Хранилище оболочек топливных элементов реакторов Уинскейл Пайл

Сейчас осуществляется первый этап программы по извлечению и стабилизации отходов, содержащихся в хранилище – проектирование и установка оборудования по извлечению отходов, а также идет сооружение пристройки к хранилищу, где планируется разместить оборудование по извлечению отходов [23].

Установка по извлечению отходов представляет собой опорную конструкцию из армированного бетона, непосредственно прилегающую к зданию хранилища, но в конструктивном отношении независимую от него. Внутри установки планируется разместить различные вспомогательные модули: для извлечения и характеристики отходов, для погрузки отходов, упаковочные модули и др. В северной стене каждой шахты прорежут отверстия и установят проходные люки, таким образом, будет обеспечен сквозной проход через все шесть шахт хранилища. Модуль извлечения отходов, оснащенный телескопической стрелой и захватным приспособлением, проникнет последовательно в каждую шахту. Захваченные отходы будут направлены на модуль характеристики для выполнения радиологических измерений, видео- и фотосъемки. После завершения характеристики отходы упакууют в контейнеры объемом 3 м³.

Табл. 2.8. Основные проекты, реализуемые в рамках программы по выводу из эксплуатации хранилища металлических отходов

Проект	Задачи проекта и его текущий статус	Приблизительные затраты, млн долларов	Ориентировочные сроки завершения работ по проекту
Проект по подготовке к извлечению РАО из хранилища	Проект позволит осуществить механическое извлечение отходов из камер хранилища и их передачу в экранированные контейнерах на установки по переработке и инкапсуляции. Установка оборудования для первых трех линий началась в конце 2015 года, извлечение отходов планируется начать к концу 2017 года.	1 100	Март 2023 года
Проектирование и сооружение системы передачи иммобилизованных РАО на хранение	Передача переработанных и иммобилизованных РАО из SDP в пункт промежуточного хранения.	–	Проект приостановлен на неопределенный срок
Проектирование и сооружение установки технического обслуживания	Сооружение установки для хранения, дезактивации, технического обслуживания и замены элементов оборудования, инструментов и упаковок, используемых в процессе извлечения отходов. Строительные работы планируется завершить в 2019 году.	320	Июль 2019 года
Проектирование и сооружение установки для инкапсуляции РАО (SDP)	Установка будет осуществлять переработку извлеченных из камер хранилища отходов посредством их смешения с цементным раствором, обеспечивая получение формы отходов, пригодной для безопасного хранения.	454	Март 2016 года
Проектирование и сооружение установки для контейнерной инкапсуляции РАО	Сооружение установки для переработки и иммобилизации отходов, извлекаемых из хранилища (а также из бассейнов-хранилищ Уиндскейл и Магнокс) с целью получения формы отходов, пригодной для обеспечения безопасного промежуточного хранения в ожидании их окончательного захоронения.	1 100	Апрель 2023 года

Реализация программы по выводу из эксплуатации данного объекта также предполагает сооружение пункта промежуточного хранения и нового завода по переработке РАО, где будут проводиться операции по отверждению отходов. Согласно текущим планам, извлечение отходов стартует в 2017–2018 гг. Полная программа вывода из эксплуатации данного хранилища представлена на рис. 2.41 [22].

Окончание работ по извлечению отходов из хранилища намечено на середину 2023 года (табл. 2.9) [36].

Табл. 2.9. Основные проекты, реализуемые в рамках программы по выводу из эксплуатации хранилища оболочек ТВЭЛов Уиндскейл Пайл

Проект	Задачи проекта и его текущий статус	Приблизительные затраты, млн долларов	Ориентировочные сроки завершения работ по проекту
Проект организации работ по извлечению РАО	Проект предусматривает проектирование, установку и ввод в эксплуатацию комплексной системы, необходимой для извлечения ТРО из хранилища. В настоящее время идет разработка предварительного проекта установки.	1 100	Апрель 2023 года
Проект по сооружению пункта хранения для размещения переработанных РАО	Проект предусматривает сооружение пункта промежуточного хранения, в котором иммобилизованные отходы из данного хранилища и с других площадок Селлафилда будут храниться в ожидании ввода в эксплуатацию пункта окончательного захоронения. В настоящее время идет разработка предварительного проекта установки.	378	Март 2020 года



Проект реабилитации почвы и грунтовых вод

Всего можно выделить пять основных этапов в реализации проекта по реабилитации почвы и грунтовых вод Селлафилда и ориентировочные сроки их исполнения [37]:

- 2007–2009 гг. – характеристика площадки;
- 2010–2015 гг. – оценка полученных данных, моделирование потенциальных сценариев и выбор наилучшего с практической и экологической точек зрения варианта реализации программы;
- 2015–2020 гг. – утверждение границ проведения работ по очистке и защите грунтовых вод (вокруг основной зоны загрязнения) и их реализация;
- 2020–2070 гг. – реабилитация территорий за пределами утвержденной зоны;
- 2120 г. – окончание всех работ.

Финансовое обеспечение работ и конечное состояние площадки

Рассмотренные выше проекты являются наиболее затратными среди всех проектов, включенных в программу реабилитации Селлафилдского ядерного комплекса. В целом затраты на их осуществление составляют 22% от затрат, предусмотренных на реализацию всей программы по реабилитации Селлафилда (67,5 млрд фунтов стерлингов), 35% от стоимости всех мероприятий, запланированных на 2014–2018 гг., и 77% от стоимости основных проектов, запланированных на 2014–2018 гг. Ориентировочная оценка распределения суммарных затрат по четырем основным проектам представлена в табл. 2.10 и на рис. 2.42 [34].

Табл. 2.10. Ориентировочные затраты на реализацию четырех основных проектов по реабилитации территории Селлафилдского ядерного комплекса

Установка	Стоимость	
	млн £	млн \$
Хранилище металлических отходов Магнокс	5 063	6 561
Бассейн-хранилище Магнокс	3 863	4 971
Бассейн-хранилище Уиндскейл Пайл	412	534
Хранилище оболочек ТВЭЛов Уиндскейл Пайл	1 303	1 689
ИТОГО	10 641	13 755

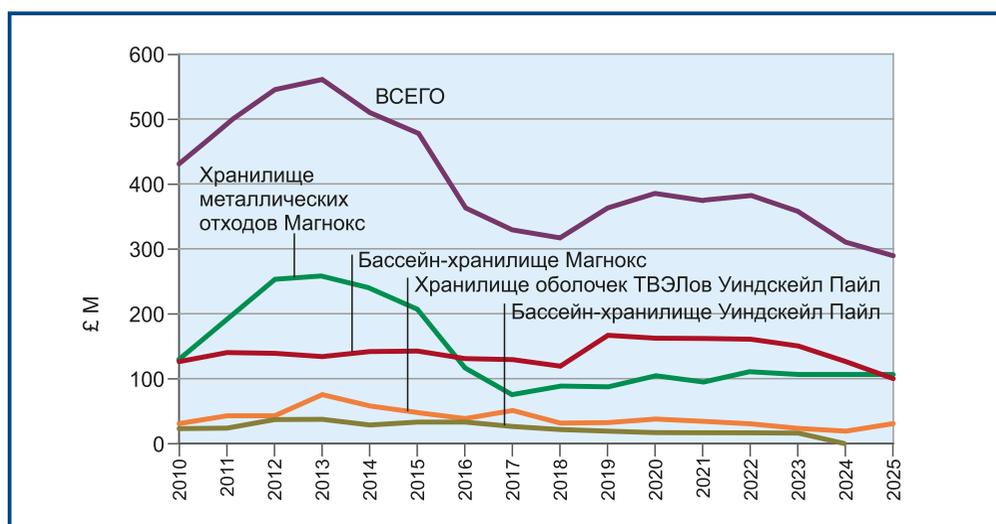


Рис. 2.42. Ориентировочные затраты на реализацию программы по реабилитации территории Селлафилдского ядерного комплекса

Ожидается, что все операции по переработке ОЯТ в Селлафилде завершатся к 2020 году, а еще через сто лет промышленная площадка будет полностью реабилитирована, за исключением нескольких небольших участков, где продолжится безвременное осуществление ведомственного контроля. Текущий план очистки Селлафилда не предусматривает возможности сооружения новых реакторов или завода по переработке ОЯТ или производству МОКС-топлива. Разработка всех программ восстановительных мероприятий ведется в соответствии принятым по Селлафилду стратегическим планом. Причем каждая такая программа пересматривается каждые пять лет, что позволяет на

основании новых данных и полученных знаний оценить возможность сокращения сроков проведения работ и минимизации затрат.

Такая процедура пересмотра, за организацию которой отвечает NDA, проходит в формате общественных слушаний, в которых принимают участие представители органов местной власти, регулирующих органов, общественных организаций и другие заинтересованные стороны проекта. В рамках процедуры рассмотрения вся территория Селлафилда разделена на пять зон, для каждой из которых оценивается набор возможных управленческих решений, обеспечивающих достижение требуемого конечного состояния.

Пока ни по одной из зон не утверждено подробного всеобъемлющего плана. В основном выработке планов мешает невозможность точного определения объемов загрязненного грунта, который потребуется извлечь и захоронить в ходе проведения работ по очистке территории. Согласно текущим оценкам, при глубине экскавации до 30 м объем грунта может составить порядка 20 млн м³ (ОНАО и НАО). Кроме того, к НАО от вывода из эксплуатации ядерных установок добавятся миллионы тонн бетона, асбеста, свинца, сплавов на основе железа, горючих материалов, а также некоторые количества масел и ртути [38]. На рис. 2.43 представлены ключевые шаги по достижению конечного состояния площадки [5].

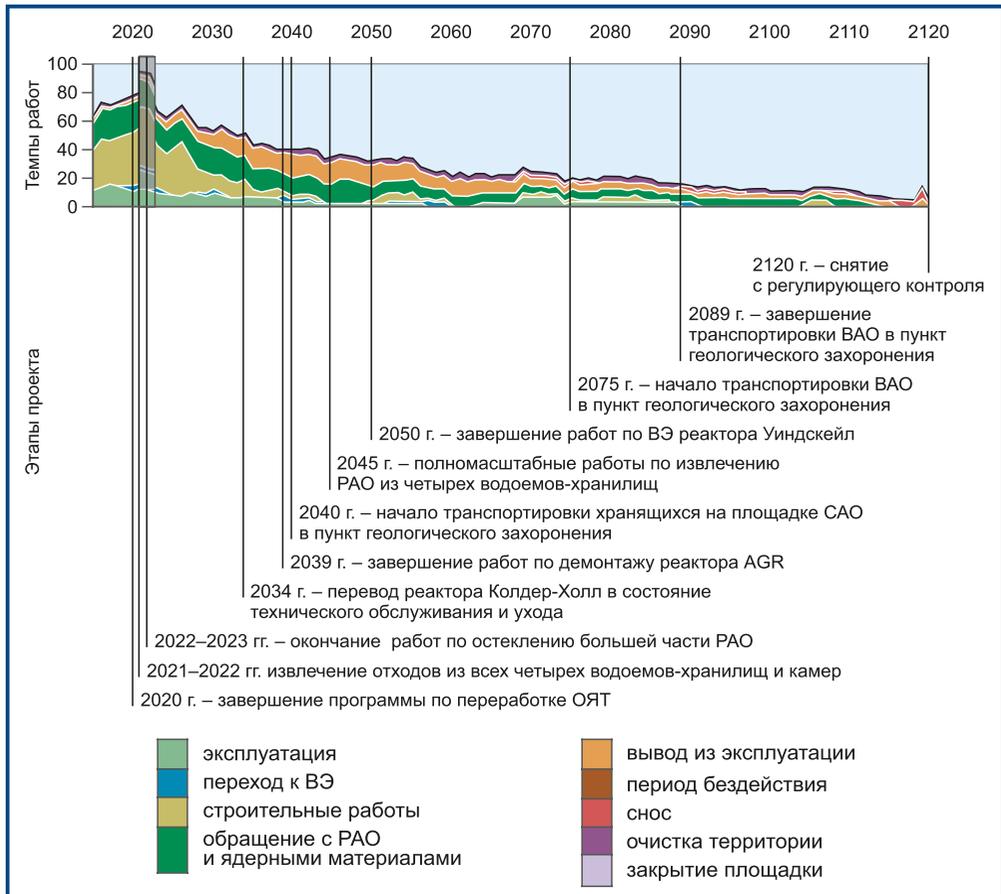


Рис. 2.43. Основные этапы работ по реабилитации Селлафилдского ядерного комплекса

2.3.2. Реабилитация объектов комплекса Даунрей

Оператором площадки ядерного комплекса выступает компания Dounreay Site Restoration Limited (DSRL) (лицензиат), находящаяся под управлением консорциума Cavendish Dounreay Partnership Limited, в состав которого также входят компании Cavendish Nuclear Limited, CH2MHill и URS.

В отношении объектов, расположенных на территории комплекса площадью 55 га, была принята стратегия неотложного демонтажа с достижением промежуточного конечного состояния к концу 2029 года (рис. 2.44). Приблизительная стоимость всех работ на площадке оценивается в порядка 3,1 млрд долларов.

Конечное состояние площадки предполагает:

- удаление радиоактивного и нерадиоактивного загрязнения до уровней, утвержденных нормативными стандартами, что обеспечит возможность повторного использования земель и гарантирует сохранение прежней категории землепользования для всех прилегающих к площадке территорий;
- в будущем для площадки не запланировано получение специальной лицензии, а на участках с остаточным радиоактивным и нерадиоактивным загрязнением будет осуществляться ведомственный контроль;

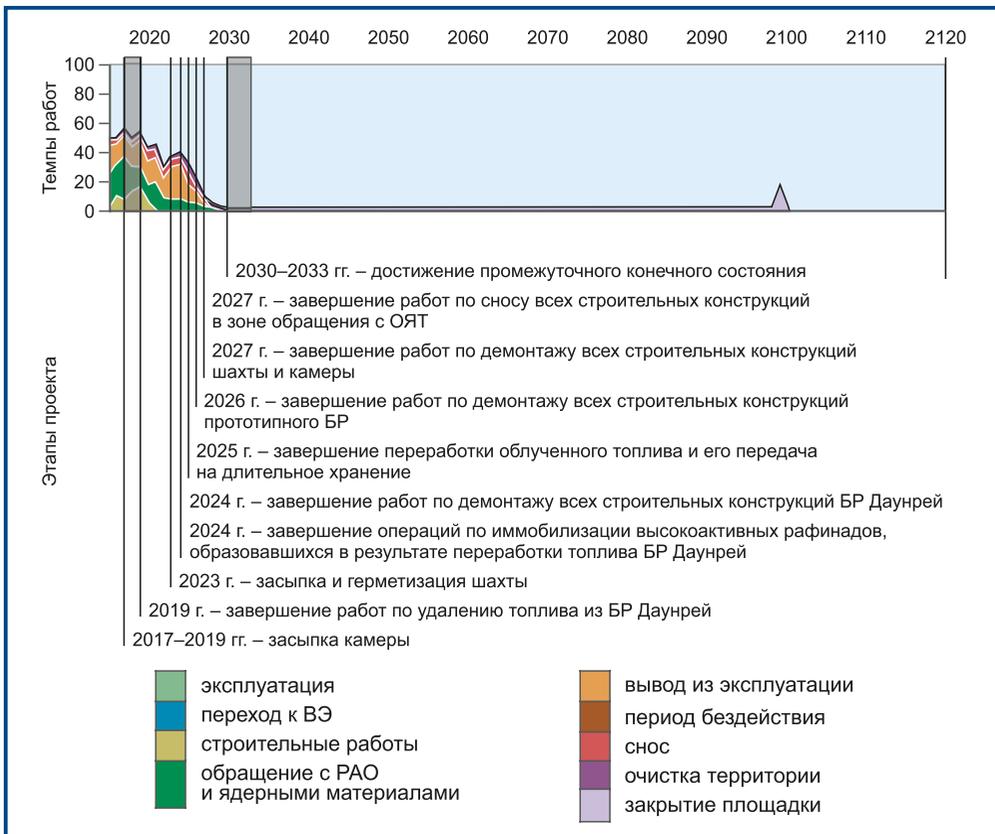


Рис. 2.44. Основные этапы работ по реабилитации территории ядерного комплекса Даунрей

- физическое состояние площадки обеспечит возможность для ее повторного использования: будет обеспечена безопасность всех оставшихся на площадке конструкций и объектов инфраструктуры;
- отходы, размещенные в пунктах захоронения, расположенных на площадке, будут либо полностью извлечены из этих установок либо сами установки будут закрыты с соблюдением всех требований безопасности в соответствии с процедурой, предусмотренной обоснованием безопасности;
- будет осуществляться безопасное промежуточное хранение САО в установке, размещенной на территории площадки.

Среди всех проектов, осуществляемых в Даунрее, следует отдельно выделить программу по выводу из эксплуатации хранилища РАО.

Первый этап работ по выводу из эксплуатации этих объектов был завершен в 2006 году, когда в целях уменьшения притока воды в установку вокруг шахты был установлен противофильтрационный цементный барьер. Для этого в породах, окружающих шахту, было пробурено 400 скважин, через которые и был закачан цементный раствор. Ожидается, что срок службы барьера составит порядка 100 лет. Суммарные затраты на выполнение работ по сооружению барьера составили около 40 млн долларов.

Ко второму этапу работ, предполагающему сооружение новых установок для извлечения и переработки отходов, планируется приступить в 2020 году, а операции по извлечению отходов стартуют четырьмя годами позже.

Извлечение отходов будет осуществлено с использованием дистанционно управляемого оборудования, размещенного в установках, сооруженных непосредственно над объектами (промышленный мостовой передвижной кран, оснащенный специальными захватными крюками и ковшами). Кроме того, в ходе выполнения данных работ планируется использовать дистанционно управляемую платформу, оснащенную манипуляторами с режущими инструментами.

Установка по обработке отходов будет сооружена над шахтой. РАО, извлеченные из камеры, будут передаваться на эту установку в экранированных контейнерах. Операции по переработке отходов включают измельчение РАО в специально спроектированном промышленном измельчителе. В случае если обработка отходов с помощью промышленной установки по каким либо причинам окажется невозможной, отходы будут измельчены при помощи специального дистанционно управляемого оборудования.

Для отделения воды от отходов будут использованы вибрационное сито и осадительный бассейн. Эти установки позволят разделить отходы на три потока: ТРО, ЖРО и шлам:

- ТРО будут упакованы в 200-литровые бочки;
- шлам подлежит отверждению в бочке путем добавления цементного порошка;
- ЖРО будут направлены на фильтрационную установку, а затем на строящуюся на данный момент установку по очистке ЖРО.

Бочки от отходов будут охарактеризованы и компактированы в целях уменьшения объема отходов, а затем размещены внутри контейнеров из нержавеющей стали. В таком виде РАО будут помещены в пункт хранения, действующий на территории комплекса Даунрей.

2.3.3. Снятие с эксплуатации реакторов Магнокс



Рис. 2.45. Вид на АЭС Хантерстоун на стадии консервации (проект)

На 12 площадках остановленных реакторов Магнокс в настоящее время идут работы по реализации стратегии отложенного демонтажа. Данная стратегия вывода из эксплуатации предполагает консервацию реактора или его «безопасное сохранение под наблюдением» в течение 85 лет (рис. 2.45).

Ожидается, что все реакторы типа Магнокс в Великобритании будут законсервированы к 2028 году (см. рис. 2.1). Стратегия отложенного демонтажа была утверждена NDA после тщательного анализа достоинств и недостатков, характеризующих каждую из возможных стратегий вывода из эксплуатации (отложенный и немедленный демонтаж, захоронение на месте). К основным достоинствам выбранной стратегии следует отнести [5]:

- уменьшение уровня активности конструктивных элементов, что в будущем позволит в значительной степени снять ограничения, накладываемые на доступ персонала к месту проведения работ по демонтажу, и снижение активности образующихся в результате таких работ отходов;
- отсутствие необходимости в организации промежуточного хранения отходов, образующихся в ходе проведения демонтажных работ, подлежащих захоронению в пункте геологического захоронения, который согласно предварительным планам будет введен в эксплуатацию не раньше 2040 года;
- возможность применения инновационных технологий и технических решений, которые будут разработаны за годы консервации.

Среди недостатков стратегии отсроченного демонтажа следует выделить риски, связанные с утратой навыков, знаний и технического потенциала, необходимых для осуществления работ по ликвидации реакторов и очистке загрязненных территорий, утратой части информации и данных об объектах, финансовыми трудностями, неопределенностями в отношении будущей финансовой ситуации и изменением нормативно-правовой базы.

Ответственность за проведение работ по выводу из эксплуатации реакторов Магнокс несет компания Magnox Limited, являющаяся оператором реакторных площадок, на данный момент осуществляющим все работы по подготовке данных установок к консервации. В табл. 2.11 приведены ориентировочные затраты на вывод из эксплуатации 12 реакторов Магнокс и очистку загрязненных территорий.

Табл. 2.11. Ориентировочные оценки затрат на проведение работ по выводу из эксплуатации 12 реакторов Магнокс и очистке загрязненных территорий

	Площадка	Млн долларов		Площадка	Млн долларов
1.	Беркли	766	7.	Олдбери	1 090
2.	Брадуэлл	273	8.	Траусфинид	923
3.	Чапелкросс	863	9.	Сизвелл А	375
4.	Дандженесс А	683	10.	Уилфа	947
5.	Хинкли-Поинт А	847	11.	Харвелл	1 530
6.	Хантерстоун А	781	12.	Уинфрит	

Список литературы к главе 2

1. Обзор зарубежных практик захоронения ОЯТ и РАО/ Н.С. Цебаковская, С.С. Уткин, И.В. Капырин (ИБРАЭ РАН), Н.В. Медянцева, А.В. Шамина (НО РАО), под редакцией И.И. Линге и Ю.Д. Полякова. – М.: Комтехпринт, 2015. – 208 с.
2. Managing the Nuclear Legacy, A Strategy for Action, NDA White Paper, NDA, July 2002.
3. Nuclear Decommissioning Authority, Strategy, 2006.
4. Nuclear Decommissioning Authority, Strategy Effective from April 2011, 2011.
5. Nuclear Decommissioning Authority, Strategy Effective from April 2016, 2016, https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/518669/Nuclear_Decommissioning_Authority_Strategy_effective_from_April_2016.pdf
6. Sellafield Challenge, Sellafield LTD // по материалам сайта <http://www.sellafieldsites.com/challenge/>, дата последнего посещения сайта 20.09.2016.
7. Селлафилд, Эрик Мартиниуссен, Доклад «Беллона», 2004.
8. Radioactivity from Military Installations sites and Effects on Population Health, Chapter 10, L. Leon Vintro, P. I. Mitchell, K. J. Smith, R. Kirchmann, M. Savkin, J.A.Lucey, RADSITE, Scientific Committee on Problems of the Environment, 2005.
9. Атомные газотурбинные установки: учеб. пособие / С. М. Дмитриев; Нижегородский государственный университет им. Р.Е. Алексеева. – 2-е изд., испр. – Нижний Новгород, 2012. – 144 с.
10. UK Closes its last Magnox Reactor, Nuclear Engineering International, 4 January, 2016 // подготовлено по материалам сайта: <http://www.neimagazine.com/news/newsuk-closes-its-last-magnox-reactor-4766685>, последнее посещение сайта: 20.09.2016.
11. Discharges to the environment from the Sellafield site, 1951-1992, J. Gray, S. R. Jones and A. D. Smith, 1995.

12. The environmental impact of the Sellafield discharges, Luis Leon Vintró*, Kilian J. Smith, Julie A. Lucey and Peter I. Mitchell, Department of Experimental Physics, University College Dublin, Belfield, Dublin 4, Ireland, 2000.
13. POSSIBLE TOXIC EFFECTS FROM THE NUCLEAR REPROCESSING PLANTS AT SELLAFIELD (UK) AND CAP DE LA HAGUE (FRANCE), Scientific and Technological Options Assessment, European Parliament, November 2001, <http://www.wise-paris.org/english/reports/STOAFinalStudyEN.pdf>.
14. Liquid discharges from nuclear installations, OSPAR Commission – 2011, Radioactive substances series, 2013, <http://www.ospar.org/documents?v=7322>.
15. Liquid discharges from nuclear installations, OSPAR Commission – 2013, Radioactive substances series, 2015, <http://www.ospar.org/documents?v=7379>.
16. Liquid discharges from nuclear installations, OSPAR Commission – 2014, Radioactive substances series, 2016, <http://www.ospar.org/documents?v=35368>.
17. Monitoring our Environment, Discharges and Environmental Monitoring, Annual Report 2014, Sellafield Ltd., Nuclear Decommissioning Authority, 2015, http://sustainability.sellafieldsites.com/files/2013/05/Sellafield_AnnRep_2015_Lo_Res_web1.pdf.
18. Аварии на Атомных Станциях: никто не застрахован - В Уиндскейле // по материалам сайта: <http://www.chuchotezvous.ru/technogenetics-disasters/559/page-2.html>, дата последнего посещения сайта 20.09.2016.
19. The Windscale Disaster, Gerry Matlack, // по материалам сайта: <http://www.damninginteresting.com/the-windscale-disaster/>, дата последнего посещения сайта 27.09.2016.
20. Sellafield Land Quality Management, <http://www.sellafieldsites.com/land/index.html>
21. Groundwater Monitoring at Sellafield Annual Data Review 2014, LQTD000080, <http://www.sellafieldsites.com/land/documents/2014%20Groundwater%20Monitoring%20Report.pdf>
22. Sellafield Plan, LD215, <https://www.cumbria.gov.uk/elibrary/Content/Internet/538/755/1929/6478/41333114920.pdf>.
23. Sellafield Legacy Wastes Update, Dave Mason, Andrew Buchan, NuSAC (2007) P5 Open Paper, 2007.
24. Nuclear Decommissioning Authority Annual Report & Accounts, Financial Year: April 2015 to March 2016, NDA, 2016, https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/537397/NDA_Annual_Report_and_Accounts_2015_to_2016.pdf.
25. Environmental Statement for the Shaft and Silo Waste Retrieval Facilities at Dounreay, Non-Technical Summary, Vol. 1, Dounreay, Report No: SSD/DSR/REP/1214, October 2012.
26. Plans Take Shape for the World's Deepest Nuclear Clean-up, Insight into Nuclear Decommissioning, NDA, Issue 10, 2012, pp. 10 – 11.
27. England and Wales: experience of radioactive waste (RAW) management and contaminated site clean-up, D. Jackson, A. Baker, R. George, S. Mobbs, Eden Nuclear and Environment Ltd, Radioactive waste management and contaminated site clean-up, Processes, technologies and international experience, edited by William E. Lee, Michael I. Ojovan and Carol M. Jantzen, Woodhead Publishing Series, Woodhead Publishing Limited, 2013.
28. The Nuclear Reactors (Environmental Impact Assessment for Decommissioning) (Amendment) Regulations 2006.
29. HSE Criterion for Delicensing Nuclear Sites, Health and Safety Executive, London, 2005.
30. IAEA (2004), Application of the Concepts of Exclusion, Exemption and Clearance, Safety Guide RS-G-1.7, IAEA Safety Standards Series, IAEA, Vienna.

31. Guidance to Inspectors on the Interpretation and Implementation of the HSE Policy Criterion of No Danger for the Delicensing of Nuclear Sites , August, Health and Safety Executive, London, 2008.
32. The NDA Value Framework, Version 1.2, Nuclear Decommissioning Authority, January 2016, https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/489312/NDA_Value_Framework_Version_1.2.pdf .
33. Sellafield Ltd Annual Technical Report and Strategy 2012, Sellafield Ltd Technical Directorate, 2012.
34. Decommissioning at Sellafield Overview, Edwin Matthews, Decommissioning Division Strategy & Technical department, 21st January 2014.
35. Priority Programmes and Major Projects, Performance Report (data as at end September 2015), Nuclear Decommissioning Authority, Ref: 24102622 (Version 10.1), https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/543734/Priority_Programmes_and_Major_Projects_Performance_Report_data_as_at_end_September_2015_.pdf
36. Managing risk reduction at Sellafield, Nuclear Decommissioning Authority, 30 October 2012, <https://www.nao.org.uk/wp-content/uploads/2012/11/n1213630.pdf> .
37. Groundwater Management at Sellafield, John McCord, Presentation to Geological Society of London 14 January 2009.
38. The Legacy of Reprocessing in the UK, Martin Forwood, Research Report of the International Panel on Fissile Materials, July 2008.

Глава 3. Ядерный комплекс Франции

Маркуль

Ла Аг

Фонтене-о-Роз

Гренобль

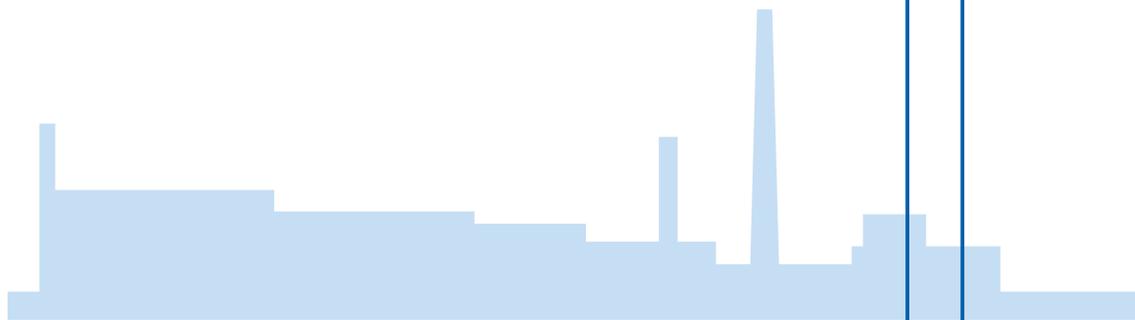
Кадараш

Сакле

Буже

Пьерелатт

Верс-Воруаз



§ 3.1. Формирование ядерного комплекса Франции

В октябре 1945 года, спустя всего два месяца после бомбардировки Хиросимы и Нагасаки, временное правительство Франции во главе с генералом Шарлем де Голлем учредило Комиссариат по атомной энергии (СЕА), поручив ему заниматься вопросами использования атомной энергии в науке, промышленности, а также в сфере национальной безопасности. В течение последующих девяти лет, вплоть до конца 1954 года, в стране было создано сразу несколько исследовательских лабораторий, первой из которых стала лаборатория Фонтене-о-Роз в пригороде Парижа, организовано опытное производство для подготовки специалистов и отработки технологий получения и обработки специальных ядерных материалов [1].

В 1952 году после нескольких лет исследований правительство Франции утвердило пятилетнюю программу развития атомной энергетики, главной задачей которой стало создание крупномасштабного промышленного комплекса по наработке плутония, а спустя шесть лет, в июле 1958 года, указом генерала де Голля в составе Комиссариата по атомной энергии был учрежден Департамент военных программ. Тем самым Франция открыто заявила о своих намерениях создать собственную атомную бомбу.

Создание серии уран-графитовых реакторов для наработки плутония и заводов по его переработке позволило 13 февраля 1960 года провести испытание первой французской атомной бомбы. Первые французские ядерные заряды не могли использоваться в военных целях и являлись экспериментальными стационарными устройствами, но благодаря им Франция превратилась в четвертую в мире ядерную державу.

После мирового нефтяного кризиса 1973 года произошел перелом в подходе к развитию атомной энергетики, что привело к решению Франции развивать ядерную генерацию ускоренными темпами. В течение 25 лет, начиная с пуска в 1978 году двух блоков на АЭС «Фессенхайм», во Франции было построено 19 АЭС с 58 реакторами PWR общей мощностью 63,1 МВт. В итоге по размеру ядерного парка страна сегодня уступает только США.

3.1.1. История развития ядерного комплекса Франции

Создание ядерного оружейного комплекса

В 1948 году в Фонтене-о-Роз был введен в эксплуатацию первый французский реактор Zoé (Z – zéro puissance (нулевая мощность), O – oxyde d'uranium (оксид урана), E – eau lourde (тяжелая вода)) – тяжеловодный газоохлаждаемый реактор малой мощности, позволивший наработать первые четыре миллиграмма плутония, которые спустя год были выделены на заводе в Буше. В том же году во Франции было открыто первое месторождение урана в регионе Лимузин [2].

Всего, в рамках пятилетней программы были реализованы следующие проекты [1]:

- В 1955 году при Комиссариате было учреждено «Бюро общих исследований» для проведения НИОКР с целью создания ядерного оружия.
- В 1956 году в Маркуле был введен в эксплуатацию первый французский графитовый реактор с газовым охлаждением, предназначенный для наработки плутония. С 1958 года реактор позволял ежегодно получать до 12 кг плутония. До сооружения завода по сепарации в Маркуле весь плутоний направляли на перерабатывающий завод в Буше, который в 1959 году был замещен заводом по конверсии и извлечению урана в Малвези.

- В 1956 году в пустыне Сахара (Алжир, Регган) была выбрана площадка для испытания ядерного оружия. Здесь 13 февраля 1960 года состоялось испытание первой французской атомной бомбы, получившее кодовое обозначение «Голубой тушканчик»*. Мощность устройства составила порядка 70 килотонн. Позже в этом же районе Сахары проведены ещё три атмосферных атомных взрыва. В этих испытаниях использовались заряды на основе оружейного плутония.

После четырех атмосферных взрывов СЕА приступил к реализации программы подземных испытаний. Причем для этих целей использовался уже другой полигон – площадка в южной части Алжира в 560 км от города Регган (гранитный массив Хоггар), где с 1961 по 1966 год было проведено в общей сложности 13 подземных испытаний.

После обретения Алжиром независимости в июле 1962 года французам пришлось искать новое место для реализации испытательной программы. В итоге для этих целей была оборудована площадка на острове Туамоту в южной части Тихого океана на атоллах Муруроа и Фангатауфа во Французской Полинезии.

- В июле 1958 года в Маркуле открылся завод по сепарации плутония UP1.
- В августе 1961 года в Ла Аге была утверждена площадка для возведения еще одной установки по экстракции плутония, а в 1962 году начались строительные работы. Запуск завода UP2 состоялся в 1966 году.
- К 1996 году Франция полностью прекратила все операции по наработке оружейных материалов.
- К 1990 году для удовлетворения растущего спроса на переработку ОЯТ компания SOGEMA ввела в эксплуатацию в Ла Аге еще один завод по переработке оксидного топлива – UP3, производительностью 800 т./год [3].

Развитие ядерной энергетики

Уже первый уран-графитовый реактор G1 помимо наработки плутония использовался и как энергетический реактор.

Помимо газографитовых реакторов для решения задач энергетики Франции в 1950–1970-х годах были созданы газоохлаждаемые тяжеловодные реакторы, промышленные реакторы PWR, наконец, крупнейший в мировой истории реактор на быстрых нейтронах Superphenix мощностью 1200 МВт в Крейс-Мальвиле.

Большинство действующих реакторов относятся к типу PWR и представляют собой модификации трех серий: реактор M310 с тремя петлями в первом контуре; четырехпетлевой реактор P4 и четырехпетлевой N4. Из них: 34 реактора первой серии, 20 – второй, четыре – третьей. Постоянно проводится совершенствование конструкций реакторов как с целью обеспечения безопасности, так и с точки зрения повышения мощности отдельных блоков.

Ядерное наследие и реабилитация территорий

Наличие многообразных ядерных установок неизбежно привело к радиоактивному загрязнению территорий, занятых как объектами оружейного комплекса, так и АЭС, в связи с чем возникла проблема реабилитации этих территорий при прекращении их эксплуатации. С момента пуска первых реакторов и заводов по переработке прошло уже

* фр. *gerboise bleue*.

более 60 лет, многие ядерные установки остановлены или находятся в стадии снятия с эксплуатации, поэтому требуется разработка подходов и программы мер, обеспечивающих оптимальное решение вопроса и снятия с эксплуатации и последующей реабилитации территорий в зависимости от целей их последующего использования.

Решение вопроса о реабилитации территорий, занятых ранее ядерными объектами, после прекращения их эксплуатации зависит от многих параметров как самих установок, так и подходов, принятых в той или иной стране.

Французская программа по выводу из эксплуатации предусматривает вывод из эксплуатации так называемых «базовых ядерных установок» («installations nucléaires de base» – «BNI»).

Согласно французскому законодательству, к данной категории установок относятся:

- атомные реакторы или установки, в которых СЦР иницируется 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 в Указе № 2007-830 от 11 мая 2007 года;
- ускорители частиц, удовлетворяющие характеристикам, приведенным в Указе № 2007-830 от 11 мая 2007 года.

По окончании срока службы на базовых ядерных установках проводятся дезактивационные работы, за которыми следует их демонтаж до определенного конечного состояния. Согласно рекомендациям ASN (регулирующего органа в области использования атомной энергии), в ходе выполнения мероприятий по реабилитации следует стремиться к достижению наибольшей степени очистки территории, однако в ряде случаев основная задача проведения работ по реабилитации сводится к доведению площадки до состояния, при котором она может использоваться лишь по определенному целевому назначению. Как правило, такие площадки в дальнейшем используются в промышленных целях.

За выбор того или иного сценария проведения работ отвечает оператор. Решение принимается на основании сравнительного анализа различных сценариев и конечных состояний площадки. Регулирующий орган, в свою очередь, требует от оператора обосновать тот факт, что выбранная им стратегия вывода из эксплуатации является наиболее целесообразной с точки зрения обеспечения безопасности и радиационной защиты, а также обращения с РАО [4].

Следует отметить, что ASN в настоящее время рассматривает стратегию немедленного и полного демонтажа ядерных установок как наиболее целесообразную: все операторы французских ядерных установок уже применили эту стратегию или планируют ее применение в будущем.

Среди всего множества площадок, занятых ядерными объектами можно выделить два промышленных комплекса, занимавших центральное место в реализации французской ядерной программы: Маркуль и Ла-Аг. Они включали и реакторные установки, и заводы по переработке плутония, территории которых подверглись наиболее значительному радиоактивному загрязнению которые охватывают наибольшее количество крупных объектов, подлежащих ликвидации.

3.1.2. Маркуль

Хотя первый исследовательский ядерный центр Франции был открыт в 1946 году в Фонтене-о-Роз под Парижем и здесь в декабре 1948 году была запущена первая в истории Франции исследовательская установка Zoé, позволившая наработать первые четыре миллиграмма плутония, основным шагом в решении задачи создания ядерного оружия во Франции явилось создание ядерного комплекса в долине Роны на юге Франции в Маркуле (рис. 3.1).

Его основой послужили графитовые реакторы с газовым охлаждением UNGG, предназначенные для наработки плутония, использующие в качестве топлива уран природного изотопного состава (рис. 3.2).

Реактор G1 также стал первым французским энергетическим реактором, расчетная мощность которого составила 46 МВт. С 1958 года реактор позволял ежегодно получать от 12 кг плутония. В октябре 1968 года в связи с выработкой расчетного ресурса эксплуатация реактора G1 была прекращена.

В общей сложности три графитовых реактора Маркуля обеспечивали ежегодную наработку 100 кг плутония.



Рис. 3.1. Ядерный комплекс в Маркуле

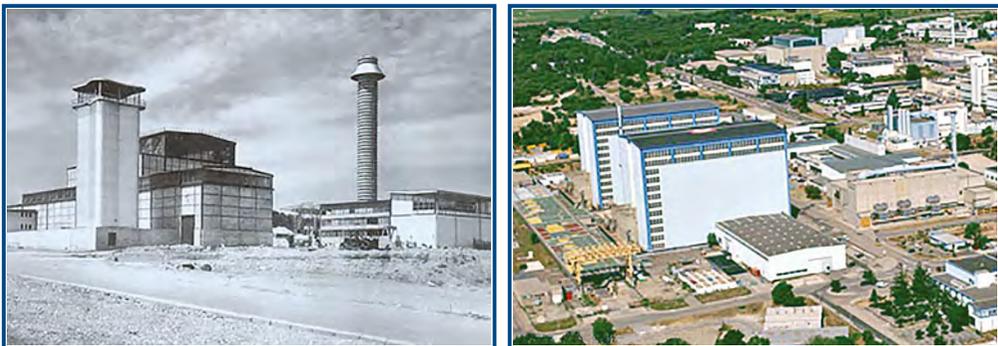


Рис. 3.2. Реакторы на площадке Маркуль: G1 – слева, G2 G3 – справа

Табл. 3.1. Реакторы комплекса Маркуль

Реактор	Тип реактора	Год ввода в эксплуатацию	Год окончательного останова	Мощность, МВт (тепл)
G1	UNGG*	1956	1968	46
G2	UNGG	1958	1980	38
G3	UNGG	1959	1984	40
Celestin I	тяжеловодный	1967	2009	190
Celestin II	тяжеловодный	1968	2009	190
Phénix	прототип реактора на БН	1973	2010	233*

Всего в Маркуле было сооружено пять реакторов по наработке плутония (табл. 3.1). Два тяжеловодных реактора Целестин использовались не только для получения плутония, но и для производства трития военного назначения.

До сооружения завода по сепарации в Маркуле весь плутоний направлялся на перерабатывающий завод в Буше, который в 1959 году был замещен заводом по конверсии и извлечению урана в Малвези.

В 1973 году на площадке ядерного комплекса был пущен в эксплуатацию реактор на быстрых нейтронах, явившийся прототипом серии французских реакторов на быстрых нейтронах для атомной энергетики Франции.

В июле 1958 года в Маркуле открылся завод по сепарации плутония UP1, технология переработки которого основывалась на разработанном американцами PUREX процессе. Завод в первую очередь предназначался для переработки ОЯТ реакторов серии UNGG, однако, начиная с 1965 года, UP1 перешел на переработку зарубежного и французского ОЯТ с реакторов Celestin и Phenix. Производительность завода составляла порядка 400 м.т/год. Всего за сорок лет эксплуатации с 1958 по 1997 гг. на заводе было переработано порядка 18 600 тонн ОЯТ. В 1997 году завод был остановлен.

3.1.3. Ла Аг

Комплекс Ла Аг площадью 300 га расположен в 25 км от г. Шербург и в 5 км к югу от Мыса Ла Аг на полуострове Котантен (Ла-Манш) (рис. 3.3).

Основными установками комплекса Ла Аг являются действующие заводы по переработке ОЯТ UP2 и UP3, а также закрытый в 1979 году опытный перерабатывающий завод. Здесь же находится хранилище оружейного плутония и несколько пунктов временного хранения РАО (в том числе на данной площадке хранится 10 000 тонн ОЯТ, а также ЖРО от переработки ОЯТ). На востоке комплекса расположен пункт хранения Манш (15 га), действовавший с 1969 по 1992 год и принимавший короткоживущие САО и НАО со всей Франции [5].

* электрическая мощность.



Рис. 3.3. Комплекс Ла Аг

Изначально завод UP2-400 производительностью 400 т/год предназначался исключительно для переработки топлива реакторов UNGG, но в 1990 годы был модернизирован: производительность увеличена до 800 т в год, и была обеспечена возможность переработки как зарубежного ОЯТ, так и ОЯТ французских легководных реакторов. Всего до 1990 года на всех французских установках было выделено порядка 46 т плутония, из них 18,7 т для зарубежных заказчиков (78% для Германии); от 5 до 8,2 т плутония было произведено для военных нужд Франции.

К 1990 году для удовлетворения растущего спроса на переработку ОЯТ компания SOGEMA ввела в эксплуатацию в Ла Аге еще один завод по переработке оксидного топлива – UP3, производительностью 800 т/год [3].

Общая производительность двух заводов UP2 и UP3 Ла Ага в период с 1966 по 1987 гг. составила порядка 5 000 тонн ОЯТ газографитовых реакторов, а с 1976 по 2007 гг. – около 24 000 тонн ОЯТ легководных реакторов. В последние несколько лет ежегодные объемы переработки на UP2 и UP3 составляют порядка 1 100 т. (Табл. 3.2).

Табл. 3.2. Заводы по переработке ОЯТ

Завод	Площадка	Тип топлива	Метод	Годы эксплуатации
UP1	Маркуль	военное	PUREX	1958–1997
UP2-400	Ла Аг	Магнокс, LWR	PUREX	1966–2003
UP2-800	Ла Аг	LWR	PUREX	1990–н.в.
UP3-800	Ла Аг	LWR	PUREX	1990–н.в.

Вплоть до 2004 года почти половина всего перерабатываемого ОЯТ легководных реакторов приходилась на зарубежное топливо. На данный момент практически все ОЯТ по зарубежным контрактам уже переработано. Между тем к концу 2009 года свыше 12 000 тонн ОЯТ французского производства ожидало направления на переработку, из них три четверти были размещены в хранилищах Ла Ага. Помимо этого, с 1987 года накопилось порядка 55 тонн облученного плутония французской наработки, большая часть которого хранится так же в Ла Аге.

Исторические практики обращения с РАО и загрязнение окружающей среды

Особенностью переработки ОЯТ легководных реакторов является повышенный уровень радиоактивности некоторых продуктов деления, содержащихся в таком ОЯТ. Несмотря на то, что ОЯТ легководных реакторов подлежит выдержке в бассейнах в течение по меньшей мере трех лет, что позволяет снизить активность и уровень тепловыделения, высокоактивные ЖРО после переработки имеют удельную активность порядка 62 900 ТБк/м³; и она снижается примерно лишь на половину спустя пять лет после выхода с завода. Высокоактивные ЖРО сейчас хранятся в Ла Аге в двухслойных резервуарах из нержавеющей стали в ожидании направления на остекловывание. Всего в Ла Аге действуют два завода по остекловыванию РАО – один был введен в эксплуатацию в 1989 году, другой – в 1993 году.

Необходимо отметить два основных источника радиоактивного загрязнения окружающей среды на площадке – это 285-метровая отводная труба и подземный трубопровод, собирающий жидкие отходы со всей территории площадки и отводящий их в Ла-Манш. Известно, что всего за один год (с 1976 по 1977 гг.) было зафиксировано 39 протечек этого трубопровода, которые привели к значительному загрязнению побережья и пресноводных источников.

Долгое время официальных лимитов по объемам и активности выбросов и сбросов РАО Ла Ага не существовало. Такие нормы были утверждены лишь 22 октября 1980 года. Для установок компании COGEMA были установлены предельные значения выбросов и сбросов, представленные в [6].

Табл. 3.3. Предельные значения выбросов и сбросов, действующие с 1984 года, ТБк

Атмосферные выбросы [7]		Сбросы ЖРО [8]	
Газы, отличные от трития	480 000	Тритий	37 000
Тритий	2 200	Радионуклиды, отличные от трития	1 700
Галогены	110	Суммарный предел по ⁹⁰ Sr и ¹³⁷ Cs	220
Аэрозоли	74	Альфа-излучатели	1,7

После вступления официальных лимитов по выбросам и сбросам в силу COGEMA выступила с заявлением о том, что за всю историю существования комплекса данные пределы никогда не были превышены. В подтверждение этого заявления был опубликован отчет об объемах и активности сбросов и выбросов, произведенных с территории площадки в период с 1966 по 1987 гг., подготовленный специальной постоянной информационной комиссией по Ла Агу на основании собственных архивных данных министерства промышленности и компаний COGEMA и EDF [9].

Согласно представленным в отчете данным, объемы сброса ЖРО в море за 22 года постепенно выросли с 30 000 м³/год до 130 000 м³/год, что объяснялось увеличением объемов переработки ОЯТ с 400 т/год в 1967 году до 800 т/год в 1987 году (рис. 3.4).



Рис. 3.4. Объемы сброса ЖРО комплекса Ла Аг в море

В отчете также были представлены данные по активности и объемам сброса таких радионуклидов, как тритий, цезий, стронций, кобальт, а также суммарный сброс альфа-, бета- и гамма-излучателей (рис. 3.5–3.8).

Как видно из представленных ниже графиков, превышение установленных норм по уровням сброса произошло лишь в 1971 году по ^{90}Sr и ^{137}Cs . В тот год

было выброшено порядка 250 ТБк активности, обусловленной этими элементами, что на 13% превышает установленные в 1980-е годы нормы. В отчете комиссии не дается никаких объяснений причинам столь резкого роста активности. Кроме того, необычный пик активности альфа сбросов был отмечен в 1974 году, при этом более половины активности пришлось на плутоний.

Сведения, представленные в отчете, стали предметом горячих дискуссий. Многие специалисты считали опубликованную информацию недостоверной, ссылаясь на то, что официальная комиссия, члены которой были назначены премьер министром, не провела ни одного исследования подлинности представленных данных. Кроме того, в рамках данной программы не было выделено средств на проведение независимых исследований.

В 1990 годы появилась новая информация по фактам загрязнения окружающей среды в ходе эксплуатации установок Ла Ага, обусловленного аварийными сбросами и выбросами радиоактивных веществ с территории комплекса. Всего можно выделить восемь таких случаев (табл. 3.4, стр. 78) [6].



Рис. 3.5. Объемы и активность сброса трития в море с 1966 по 1987 гг. (мониторинг сброса трития ведется с 1970 г.)

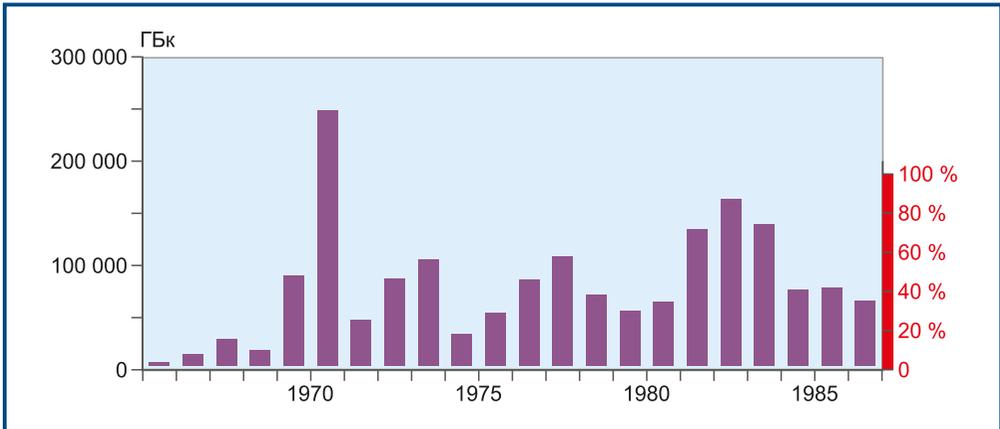


Рис. 3.6. Суммарная активность сброса стронция и цезия в море



Рис. 3.7. Объемы и активность бета и гамма-излучателей в море

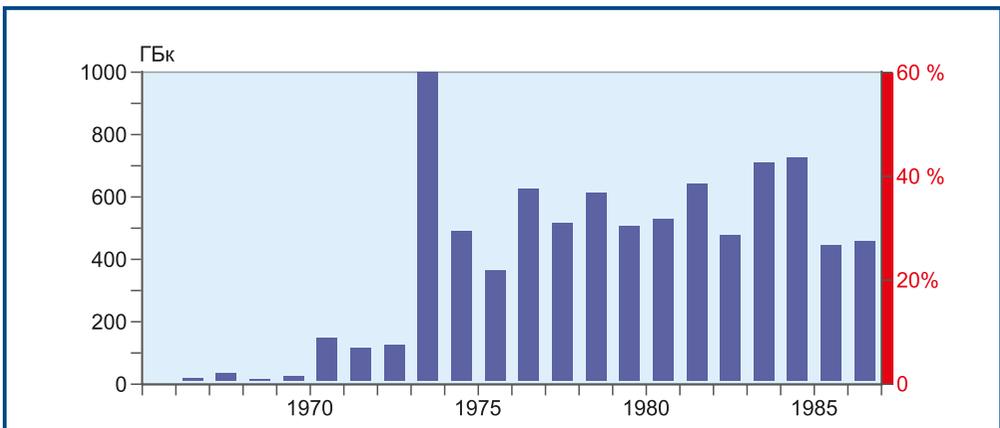


Рис. 3.8. Суммарная активность альфа-излучателей в сбросах ЖРО в море

Табл. 3.4. Аварийные сбросы радионуклидов с площадки Ла Аг

Дата	Причина	Характеристики аварийного сброса/выброса
02.10.1968	Обработка ОЯТ газо-графитовых реакторов недостаточной выдержки на заводе UP2-400	Вброс ^{131}I со скоростью 37 000 Бк/с, суммарная активность сброса ^{131}I – 185 ГБк; ^{129}I – 7,4 ГБк.
14.02.1970	При проведении операций по химическому растворению топлива температура резко повысилась, и произошел взрыв вследствие эмиссии газообразного водорода	Активность на вентиляционных фильтрах составила 5 900 ГБк (в основном обусловлена ^{125}Sb)
01.10.1976	Из-за нарушений при проектировании упаковок для тритий-содержащих отходов большие количества трития поступили в реку Сент-Элен	В октябре 1976 года зафиксирована активность трития 7 400 Бк/л, с 1977 по 1983 гг. среднегодовая активность трития находилась на уровне ~ 5 000 Бк/л. В ходе переупаковки отходов было сброшено еще порядка 52 000 ГБк активности.
02.01.1980	В 200 м от побережья обнаружена трещина протяженностью 1 м в трубе, отводящей ЖРО в море.	Результаты более поздних исследований показали, что в отчете Комиссии данные по сбросу стронция были занижены почти в 200 раз, по сравнению с реальными: 407 Бк/кг ^{90}Sr вместо заявленных 2 Бк/кг. Согласно оценкам дозовая нагрузка на лица из критической группы населения (рыбаки) в 3,5 раза превысила установленные пределы (3,486 мЗв вместо действующего предела в 1 мЗв/год)
06.01.1981	Пожар, продолжавшийся в течение 24 часов, в одном из отсеков с отходами, причиной которого стало возгорание металлического урана из-за механического удара во время выполнения рабочих операций. Инциденту присвоен 3 уровень по шкале ИНЕС.	Активность радиоактивного выброса, в основном обусловленного ^{134}Cs и ^{137}Cs , оценивается на уровне 740 ГБк – 1 850 ГБк.
13.02.1990	Выход не прошедшего фильтрацию загрязненного воздуха в течение 10 минут в ходе плановой замены фильтров отводной трубы. Инциденту присвоен 1 уровень по шкале ИНЕС.	Суммарная активность выброса ^{137}Cs оценивается на уровне 3,7 МБк.
11.03.1997	Результаты исследований независимой лаборатории зафиксировали повышенную мощность эквивалентной дозы вблизи трубы для отвода ЖРО в нижней точке отлива. Инциденту присвоен 1 уровень по шкале ИНЕС.	COGEMA подтвердила значение мощности дозы в 0,3 мЗв/год, что свидетельствовало о том, что концентрация ^{90}Sr внутри трубы достигает уровня, при котором в соответствии с действующей во Франции классификационной системой, территории вблизи трубы необходимо отнести к категории «ядерная установка».
С 1983 года	Постоянное загрязнение грунтовых вод и близлежащих источников пресной воды ^{90}Sr , обусловленное утечкой радиоактивности из пунктов хранения (бетонные бассейны) металлических отходов.	20 Бк/л – в 1991 году, в настоящее время – от 5 до 10 Бк/л.

Регулярный сброс низкоактивных ЖРО в море и по сей день продолжается в Ла Аге. В табл. 3.5 приведены уровни активности сбрасываемых ЖРО за последние несколько лет [10].

Табл. 3.5. Уровни активности сброса ЖРО в море с 2005 по 2011 гг.

Годы Суммарная активность выбросов	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
α -излучатели, ТБк	0,022	0,025	0,021	0,020	0,013	0,022	0,0232
тритий, ТБк	13500	11100	12000	8190	9130	9950	8920

3.1.4. Реакторные установки

Уже первый уран-графитовый реактор G1 помимо наработки плутония использовался и в целях производства электроэнергии.

Помимо газографитовых реакторов для решения задач энергетики Франции в 1950–1970-х годах были созданы газоохлаждаемый тяжеловодный реактор EL4 в Бреннилизе (эксплуатировался с 1968 по 1985 год), опытно-промышленный реактор PWR мощностью 305 МВт на площадке «Шуз-А» (1967–1991 годы), а также ряд реакторов на быстрых нейтронах с натриевым теплоносителем: экспериментальный Rapsodie мощностью 40 МВт в исследовательском центре «Кадараш» (1967–1983 годы); опытно-промышленный Phenix мощностью 233 МВт в атомном центре «Маркуль» (1974–2010 годы); наконец, крупнейший в мировой истории реактор на быстрых нейтронах Superphenix мощностью 1200 МВт в Крейс-Мальвиле (1986–1998 годы).

На рис. 3.9 (стр. 80) приведены площадки, на которых расположены АЭС Франции. Здесь же отмечены типы реакторов, находящихся на той или иной площадке, их мощности и текущее состояние (строящиеся, работающие или выведенные из эксплуатации).

Каждая из 19 площадок, на которых расположены реакторы PWR, содержит от двух до шести действующих реакторов лишь одной серии. Исключение может составить действующая АЭС «Фламанвиль» в Нормандии, где в составе энергоблока №3 строится четвертая модель PWR – реактор EPR. Эта конструкция мощностью 1 630 МВт (эл), разработанная Areva совместно с компанией Siemens, должна стать первым внедренным в стране легководным реактором поколения III+.

Реактор в Бреннилизе

На площадке АЭС Бреннилиз на северо-западе Франции в провинции Бретань расположен реактор EL4. Этот опытный реактор с замедлителем на тяжелой воде и охлаждением двуокисью углерода был введен в эксплуатацию в 1967 году. Электрическая мощность АЭС составляла 70 МВт. После 17 лет эксплуатации 31 июля 1985 года состоялся окончательный останов реактора.

Реактор в Бреннилизе – это пилотный реактор с горизонтальной загрузкой топливных элементов. В противоположность реакторам с кипящей водой и водяным реакторам с водой под давлением, распространенным в Западной Европе, у реактора в Бреннилизе отсутствовала крышка корпуса, через которую обычно осуществляется замена

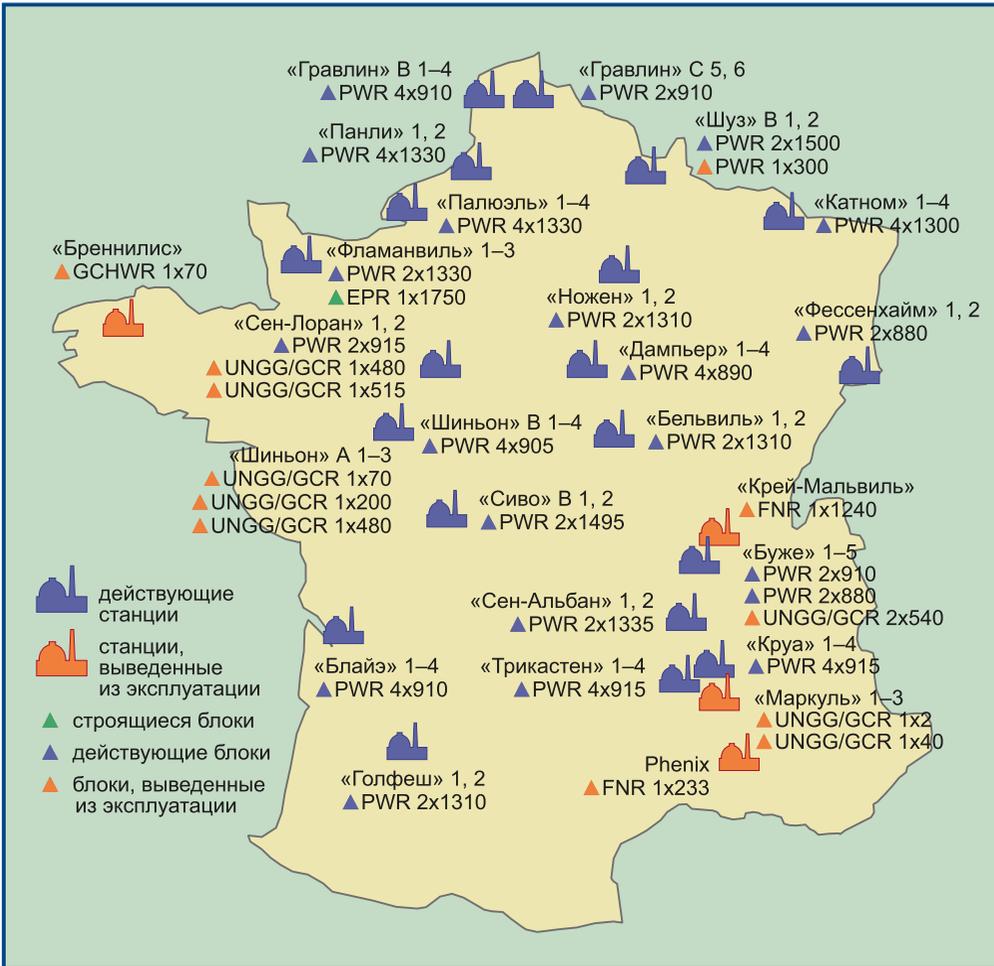


Рис. 3.9. Схема расположения промышленных площадок АЭС Франции

топливных элементов. Вместо этого топливные элементы направлялись по напорным трубам. В качестве охлаждающей и теплопередающей среды использовалась двуокись углерода. Замена топливных элементов производилась с внешней стороны установки в течение эксплуатационной фазы реактора. Поэтому при обычной эксплуатации непосредственного контакта с реактором не происходило, благодаря чему конструкция самого реактора и вспомогательных систем трубопроводов получилась очень компактной. Реактор и системы трубопроводов полностью заключены в бетонный корпус.

Уран-графитовые реакторы

Уран-графитовые реакторы с газовым охлаждением обеспечили Франции независимость на начальном этапе развития атомной энергетики и дали толчок развитию отрасли по добыче природного урана из собственных недр. Кроме того, благодаря получаемому на уран-графитовых реакторах плутонию, Франция смогла запустить собственную программу по созданию ядерного оружия.

Во Франции имеется шесть остановленных уран-графитовых реакторов АЭС:

- Буже-1,
- три блока АЭС Шинон - А1D, А2D и А3D,
- два блока АЭС Сэн-Лоран-дез-О – А1 и А2.

Кроме того, к категории уран-графитовых реакторов относятся три промышленных реактора в Маркуле (G1, G2 и G3).

Реактор Шуз А

Блок АЭС Шуз А (Chooz A) с реактором PWR мощностью 305 МВт (эл.) был подключён к энергосети 3 апреля 1967 года, а в 1991 году по достижении 24-летнего срока службы остановлен и в скором времени станет первым полностью выведенным из эксплуатации блоком с реактором типа PWR во Франции.

Реактор SUPER PHENIX на АЭС Крей-Мальвиль

Крупнейший в мире реактор на быстрых нейтронах Супер Феникс (Super Phenix) электрической мощностью 1200 МВт, расположенный в окрестностях города Крей-Мальвиль (Creys-Malville, Франция), был выведен из эксплуатации в 1997 году (рис. 3.10). Решение об окончательном останове реактора было принято ввиду слишком больших эксплуатационных расходов, а также по политическим соображениям ядерной безопасности.



Рис. 3.10. Реактор на быстрых нейтронах в Крей-Мальвиль

3.1.5. Ядерные установки исследовательских центров

Развитие ядерных технологий требовало создания крупных научно-исследовательских центров для разработки более совершенных конструкций реакторов, необходимых в целях проведения радиохимических исследований и анализа поведения активированных материалов, отработки методов обращения с радиоактивными отходами и т. д. Для реализации поставленных задач на этих площадках было построено множество исследовательских реакторных установок, горячих камер, перчаточных боксов и вспомогательных объектов, обуславливавших радиоактивное загрязнение окружающей среды.

Среди таких центров можно выделить исследовательский центр СЕА в Фонтене-о-Роз, центр в Гренобле, ядерный центр в Кадараше и исследовательский центр в Сакле.

Фонтене-о-Роз

Фонтене-о-Роз – это первый исследовательский центр СЕА, расположенный в пригороде Парижа и открытый еще в 1946 году. Именно здесь в декабре 1948 года была запущена первая в истории Франции исследовательская установка Zoé (Z – zéro puissance (нулевая мощность), O – oxyde d’uranium (оксид урана), E – eau lourde (тяжелая вода)) – тяжеловодный газоохлаждаемый реактор малой мощности, позволивший нарабатывать первые четыре миллиграмма плутония.

Основными объектами на территории площадки являлся комплекс установок PROCEDE и SUPPORT (рис. 3.11).

Комплекс установок PROCEDE состоит из нескольких зданий общей площадью под кровлей около 24 000 м², два из них – здания 18 и 52/2, включали 18 горячих камер и 134 перчаточных бокса.

Здание 18 было построено в 1954 году. Здесь проводились радиохимические исследования с использованием сравнительно больших количеств плутония, выделяемого



Рис. 3.11. Комплексы базовых ядерных установок СЕА на территории Фонтене-о-Роз

из облученного топлива, и трансурановых элементов. По площади объект занимал около 10 000 м² и состоял из нескольких линий экранированных перчаточных боксов и горячих камер.

Наиболее загрязненный участок – это загрязненная линия PETRUS, включающая перчаточные камеры и заглубленные промежуточные хранилища ЖРО и обработанных радиоактивных растворов.

Здание 52/2 – это радиационно-металлургическая лаборатория, также включающая экранированные перчаточные боксы и горячие камеры.

Гренобль

Исследовательский центр в Гренобле открылся в январе 1959 года, а масштабы осуществляемых здесь научных проектов, направленных на разработку новых ядерных технологий, наращивались соразмерно темпам развития атомной энергетики во Франции. Лишь с 1980-х гг. миссия центра стала постепенно трансформироваться: основное внимание стало уделяться проведению НИОКР в области возобновляемых источников энергии, здравоохранения и микроэлектроники.

Всего на площадке центра изначально располагалось пять крупных ядерных установок:

- STED – станция по обработке радиоактивных жидкостей и твердых отходов (BNI 36) и пункт хранения (BNI 79).
- LAMA – лаборатория по анализу активированных металлов, где с 1961 по 2002 годы проводились исследования облученного топлива на основе урана и плутония, а также конструкционных материалов, извлеченных из экспериментальных (SILOE, OSIRIS и др.) и энергетических (PHENIX, Буже и др.) реакторов.
- SILOE – исследовательский реактор бассейнового типа номинальной мощностью 35 МВт, введенный в эксплуатацию в 1963 году и окончательно остановленный в 1997 году. Он использовался в целях проведения исследований поведения конструкционных материалов и различных видов ядерного топлива после облучения в реакторе.
- реактор SILOETTE – исследовательский реактор.
- Melusine – исследовательский реактор бассейнового типа, использовавшийся для проведения фундаментальных исследований облученных конструкционных материалов и производства радионуклидов. Реактор был окончательно остановлен в 1994 году.

Кадараш

Ядерный центр в Кадараше включал несколько основных ядерных установок:

- RAPSODIE – экспериментальный реактор на быстрых нейтронах номинальной мощностью 40 МВт, окончательно остановленный в 1985 году (рис. 3.12).
- LDAC – отсек по разделке ОТВС и проведению исследований, располагающийся на территории приреакторной площадки RAPSODIE. Он использовался для исследования ОЯТ, выгружаемого из быстрых реакторов. Лаборатория была закрыта в 1997 году.

- АТUE – комплекс установок по обработке обогащенного урана, где гексафторид урана, получаемый на обогатительных предприятиях, перерабатывали в легко спекающийся оксид. Кроме того, данные установки использовались для химической переработки металлолома, образующегося в результате производства топливных сборок, в целях экстракции содержащегося в нем обогащенного урана. АТUE был также оснащен установкой для сжигания низкоактивных органических жидкостей, закрытой в 1997 году. Сам комплекс АТUE был остановлен в 1995 году.



Рис. 3.12. Реактор RAPSODIE в Кадараше

Сам комплекс АТUE был остановлен в 1995 году.

- АТРу – плутониевая технологическая установка для производства топливных элементов на основе плутония, изначально предназначавшихся для использования в быстрых и экспериментальных реакторах, а затем в реакторах PWR, работающих на МОКС-топливе. Работы на АТРу осуществлялись параллельно с операциями в лаборатории химической очистки (LCP) – здесь проводились физические и химические испытания и металлургические исследования продуктов на основе плутония, велась обработка растворов и отходов, загрязненных альфа-излучателями. АТРу была остановлена в августе 2003 года после того, как оператор не смог продемонстрировать надлежащий уровень сейсмостойкости данных установок.

Сакле

Научно-исследовательский центр в Сакле включал в себя две крупные ядерные установки:

- Горячую лаборатория LHA, состоящую из нескольких горячих камер, где раньше осуществлялась исследовательская и производственная деятельность с использованием различных радионуклидов.
- Реактор ULYSSE, построенный в 1961 году и использовавшийся в научно-исследовательских целях и для обучения персонала АЭС. ULYSSE эксплуатировался с 1967 по 2007 год.

3.1.6. Добыча урана и заводы по переработке

Франция является одной из ведущих стран по объемам производства урана в мире. Наиболее крупные месторождения урановых руд и горные предприятия расположены в центральном районе, Бретани и Нормандии и незначительные – в районе Вогез. Всего таких площадок 241 – это и подземные рудники, и открытые горные выработки (рис.3.13).

Первая горная выработка по добыче урана во Франции была открыта в 1945 году (Henriette), а последняя – закрыта в 2001 году (Jouac). В 1946 году во Франции было

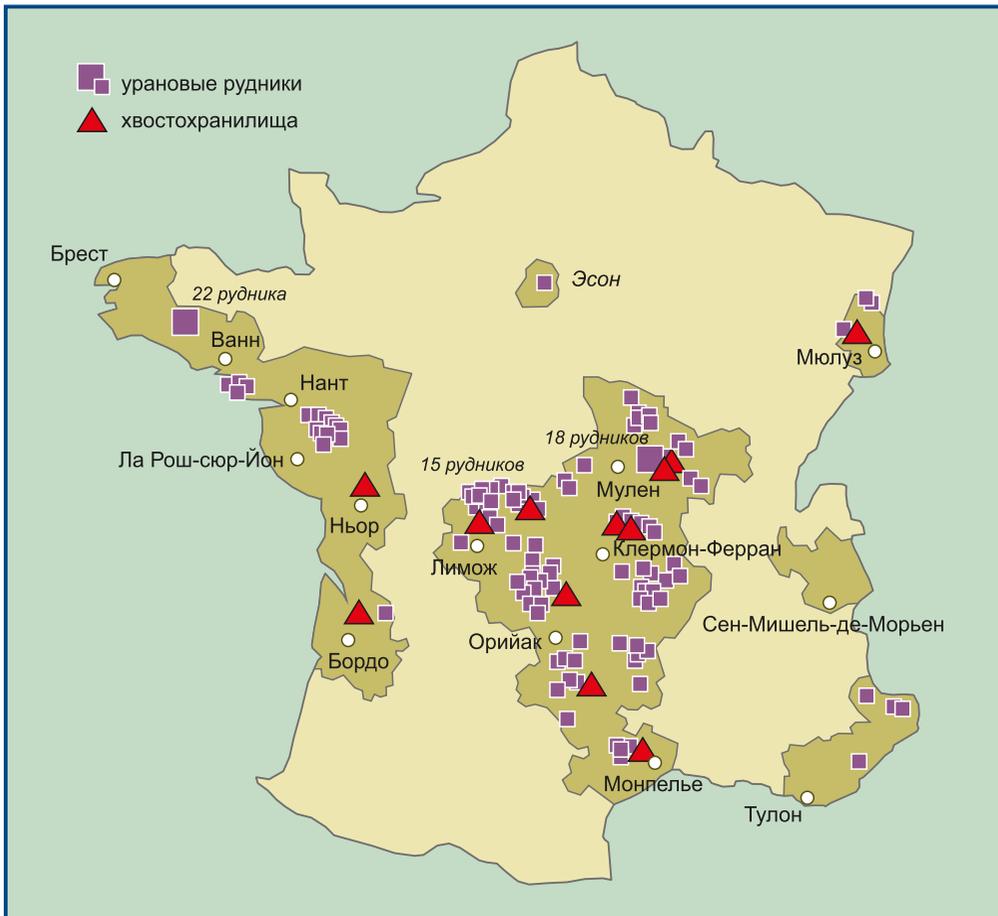


Рис. 3.13. Площадки урановых рудников Франции

создано Управление по поискам и разработке рудных месторождений, на которое была возложена ответственность за регистрацию количественных данных по объемам всех ресурсов ядерного горючего на территории страны.

На территории Франции имеется четыре месторождения урановых руд: лимузенский, ванзейский бассейны, бассейны департамента Сона и Луара и Пюи-де-Дом.

Добываемые урановые руды по своему химическому составу очень разнообразны: наиболее часто встречаются уранинит и фосфаты урана. Руда, предварительно обогащенная, измельчается и отправляется на завод Буше, расположенный в департаменте Сена и Уаза в 40 км юго-восточнее Парижа и в 8 км от Нэнвиль-ле-Рош.

На этапе становления ЯОК Франции добычей урана занималось множество различных частных компаний (SIMURA, CFMU, SCUMRA, SMJ и др.), на которые приходится около 35% суммарного объема добычи урана. Остальные рудники находились в ведении CEA, а затем были последовательно переданы под управление COGEMA и AREVA mine. При этом суммарный объем производства урана во Франции в период с 1948 по 2001 год составил порядка 76 000 тонн.

3.1.7. «Исторические» РАО во Франции

Очевидно, что современные концепции обращения с РАО в значительной степени отличаются от подходов, применявшихся в прошлом. Так, например, во Франции отказались от практики захоронения ОНАО на территории промышленных площадок или в их окрестностях в пользу стратегии централизованного захоронения.

В этой стране термином «площадка ядерного наследия» принято называть не находящиеся в ведении Andra объекты, где в прошлом производители РАО или лица, ответственные за такие РАО, осуществили захоронение отходов (за исключением хвостов и хвостохранилищ) в нарушение современных требований и норм обращения с РАО. К таким объектам относятся [11]:

- 13 пунктов захоронения нерадиоактивных отходов, в которых были размещены ОНАО, образовавшиеся как на ядерных установках, так и на неядерных промышленных объектах;
- отходы, захороненные на площадках гражданских или военных базовых ядерных установок или в их окрестностях;
- пункты захоронения технологически обогащённых природных радиоактивных материалов (например, фосфогипсовые отходы, образовавшиеся в результате производства удобрений, побочные продукты производства алюминия, каменноугольная смола от работы ТЭС, побочные продукты производства редкоземельных металлов из моназита).

Полигоны, предназначенные для захоронения нерадиоактивных отходов

В прошлом некоторые объёмы ОНАО были размещены в пунктах захоронения, предназначенных для нерадиоактивных отходов. В основном это шлам, загрязнённый грунт, обломки строительных конструкций, металлолом, промышленные отходы, образовавшиеся в прошлом как в результате работы неядерных предприятий, так и при реализации гражданских и военных ядерных проектов.

В 1992 году на законодательном уровне был установлен запрет на размещение радиоактивных отходов в пунктах захоронения, предназначенных для неопасных отходов. В 1997 и 2004 гг. этот запрет также распространился на пункты захоронения опасных отходов и неактивных инертных отходов соответственно. Согласно положениям этих законов, перед приемом любых отходов на захоронение оператор полигона должен провести специальную проверку на соблюдение критериев, прописанных в условиях действия лицензии на эксплуатацию объекта.

Таким образом, полигоны, принимающие на захоронение как опасные, так и неопасные отходы должны быть оборудованы средствами, позволяющими выявлять радиоактивное загрязнение. Также для таких объектов утверждены специальные процедуры, в соответствии с которыми должны действовать их операторы при обнаружении превышений установленных уровней радиоактивного загрязнения.

В национальном реестре РАО, опубликованном в 2012 году, определено тринадцать установок, относящихся к данной категории объектов ядерного наследия. Один из таких объектов – полигон Виф, принявший на захоронение промышленные отходы с завода Cezus, занимающегося производством циркония и изготовлением всей гаммы циркониевых реакторных компонентов. Другие примеры: полигон Менневиль (отходы

фосфатного производства), полигон Понтае-сюр-Сон, где был захоронен шлам из исследовательского центра Вальдюк, и полигон Монто, принявший отходы от производства оксида циркония. Радиологические обследования были проведены на всех тринадцати полигонах. На территории полигонов, принявших наибольшие объемы отходов, ведется регулярный радиологический мониторинг, в том числе и мониторинг состояния грунтовых вод.

Полигоны, находящиеся на площадках гражданских и военных базовых ядерных установок или в их окрестностях

В прошлом некоторые объемы ОНАО были захоронены на территории промышленных площадок ряда гражданских и военных базовых ядерных установок и в их окрестностях. Однако с 31 декабря 1999 года данная практика оказалась под запретом после вступления в силу особого указа, устанавливающего общие технические нормы, направленные на предотвращение и ограничение негативных последствий, а также снижение рисков, связанных с эксплуатацией базовых ядерных установок во Франции. В соответствии с положениями данного указа обращение с РАО, образующимися в результате эксплуатации гражданских и военных базовых ядерных установок, должно осуществляться согласно утвержденным процедурам, предполагающими централизованное захоронение всех ОНАО в пункте приповерхностного захоронения в Морвилье.

В 2010–2012 гг. AREVA, CEA и EDF была реализована программа исследований, направленная на выявление незаявленных в реестре Andra полигонов, содержащих ОНАО. В соответствии с программой были определены границы площадок проведения соответствующих обследований, цели программы, ее основные этапы и график осуществления работ. Данная программа основывалась на трех основных принципах:

- изучение имеющейся документации по обращению с РАО, изучение исторических и архивных данных по мониторингу окружающей среды;
- анализ собранных данных и при необходимости проведение замеров на площадках;
- определение стратегии обращения с РАО при установлении факта их захоронения.

В результате поиск исторических могильников ОНАО был проведен не только в границах защитного ограждения территории промышленных площадок гражданских и военных базовых ядерных установок, но в их окрестностях в тех случаях, когда в ходе расследования были получены какие-либо сведения, указывающие на потенциальную возможность захоронения РАО вне границ производственной площадки.

Что касается уровня радиоактивности и характера отходов, то в соответствии с нормативными требованиями, а именно Статьей L.542-1-1 Природоохранного кодекса Франции, выявлению подлежали «отходы, содержащие такие концентрации радионуклидов, при которых требуется проведение мониторинга». Несмотря на столь четкие требования, прописанные на законодательном уровне, операторы многих площадок заявили о том, что в ходе обследований будут изучены все полигоны захоронения, в отношении которых имеются подозрения в наличии радиоактивного загрязнения, в случае если по имеющимся данным невозможно установить источник поступления отходов на полигон или радиологические характеристики отходов.

К 2012 году AREVA, CEA и EDF завершили программу по поиску площадок ядерного наследия: в итоге исследования были проведены на всех площадках с ядерными установками, находящимися в процессе вывода из эксплуатации, и еще на шести эксплуатируемых объектах. Ниже приведен перечень основных исторических могильников, выявленных в ходе осуществления данной программы исследований (рис. 3.14) [11].

Полигон курганного типа на приреакторной площадке АЭС Буже

В период с 1979 по 1984 гг. на полигоне курганного типа, расположенном на приреакторной площадке АЭС Бурже, было размещено около 130 м^3 ионообменных смол, которые на момент захоронения не считались РАО. Факт наличия ОНАО был установлен в 2005 году во время проведения исследований в обоснование безопасности сооружения пункта хранения и кондиционирования РАО ICEDA в южной части приреакторной площадки. Курган состоит из различного по своему составу природного грунта (объем засыпки составляет порядка 1 млн м^3) и размещенных внутри нерадиоактивных отходов, источником образования которых стало проведение строительных работ на площадке. Для целей мониторинга качества грунтовых вод в окрестностях полигона было пробурено одиннадцать наблюдательных скважин.

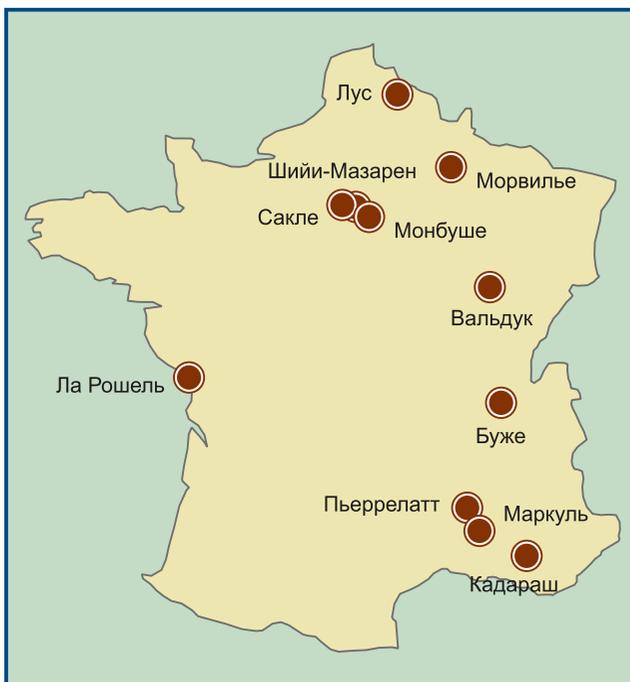


Рис. 3.14. Места расположения полигонов захоронения исторических РАО во Франции

Полигон курганного типа на площадке закрытого газодиффузионного завода Пьеррелатт

Полигон курганного типа в Пьеррелатт площадью $37\,000 \text{ м}^2$ был создан в начале 1960-х гг. В период с 1964 по 1977 гг. в траншеях данного объекта были размещены технологические отходы, включая диффузионные барьеры и фильтры, а также фторид кальция от переработки шлама, содержащего уран и хром (всего около $14\,055 \text{ м}^3$ РАО). С 1998 года на площадке осуществляется программа мониторинга состояния грунтовых вод, а также проводится регулярный мониторинг структурной целостности конструкций кургана.

Полигон на севере площадки Пьеррелатт

В северной части площадки расположен еще один полигон, состоящий из 12 траншей, в которые в период с 1964 по 1977 гг. захоранивались отходы от демонтажа одного из зданий завода, где в прошлом проводилось опытное химическое обогащение. Всего в объекте было захоронено порядка $15\,000 \text{ м}^3$ отходов. В конце 2010 – начале 2011 года

в двух траншеях полигона были проведены работы по характеристике захороненных отходов (строительный мусор, грунт и гравий). После чего AREVA приступила к оценке целесообразности извлечения размещенных на полигоне отходов и их перезахоронения.

Зона хранения инертных отходов (ZEDI) в Кадараше

Зона ZEDI была создана в целях хранения отходов, образующихся в результате работы исследовательского центра. Всего в период с 1961 по 1991 гг. в пяти траншеях зоны было размещено порядка 192 000 м³ инертных отходов (грунт, строительный мусор, бетон и т. п.), в том числе в рамках экспериментального проекта здесь было размещено 1 650 м³ твердых РАО суммарной активностью порядка 4 600 МБк.

В 2002 году на площадке завершились работы по сооружению системы наблюдательных скважин для контроля состояния грунтовых вод. В 2010-е гг. было принято решение об извлечении размещенных в зоне ZEDI радиоактивных отходов. В течение 2016 года планировалось завершить работы по опытному извлечению отходов, размещенных в одной из траншей. Опыт проведенных работ показал, что для успешного извлечения отходов из остальных траншей зоны ZEDI может потребоваться выполнение комплекса работ по укреплению стен и основания траншей.

Здание 133 (Сакле)

В южной и северной частях фундамента здания 133 захоронен небольшой объем ОНАО (17 м³ разрушенных керамических труб и 57 м³ строительного мусора и грунта). Работы по извлечению данных РАО вероятнее всего будут проведены лишь в ходе сноса самого здания.

Бетонированный пруд в Маркуле

В прошлом данный пруд был оснащен специальной системой для подводной разделки оболочек ТВЭЛов. Его эксплуатация осуществлялась всего лишь на протяжении нескольких месяцев до тех пор, пока в 1959 году в Маркуле не заработала аналогичная промышленная установка, после чего пруд был наполовину залит бетонным раствором. Часть устройств и оборудования по разделке так и осталась на его дне. Объем этого изолированного объекта составляет 1 116 м³. Контроль уровня радиоактивного излучения на поверхности пруда проводится ежеквартально: до сих пор не было установлено ни одного факта превышения допустимых норм. Кроме того, в целях повышения уровня безопасности движение грунтовых вод на этом участке было ограничено путем сооружения специальных подземных барьеров, окружающих данную зону. Кроме того, в целях снижения уровня грунтовых вод осуществляется их откачка из двух специально сооруженных скважин.

Экспериментальные шахты исследовательского центра Морвилье

На территории центра расположено около сотни шахт, загрязненных в ходе проведенных здесь когда-то испытаний и исследований. Все шахты впоследствии были загерметизированы и засыпаны. В ходе проведенных радиологических обследований фактов превышения установленных норм по радиоактивному загрязнению выявлено не было.

Шесть пунктов захоронения нерадиоактивных отходов в Вальдуке

До начала 1990-х гг. на шести полигонах, расположенных на территории центра ядерных исследований Вальдук, были захоронены значительные объемы твердых бытовых и промышленных отходов. Размещение отходов осуществлялось в соответствии с действовавшими в то время нормативными требованиями. Вероятно, что на территории

полигона были также захоронены некоторые объемы ОНАО – от 100 000 до 150 000 м³. Согласно результатам проведенных исследований из-за наличия очень низких уровней активности проведения работ по извлечению захороненных отходов не требуется. Все же на площадке полигона проводится постоянный экологический мониторинг, в том числе и мониторинг состояния грунтовых вод.

Зона захоронения 045 (Вальдук)

В 1995 году на полигоне 045 было захоронено порядка 8 990 м³ загрязненного грунта, образовавшегося в результате проведения работ по очистке одного радиоактивно загрязненного участка, расположенного на территории центра. Полигон представляет собой шахту, дно и стены которой покрыты слоем полиэтилена высокой прочности, проложенного между двумя слоями геотекстильного полотна. Сверху полигон засыпан слоем песка. Удельная активность захороненных здесь РАО находится в диапазоне от 1 до 10 Бк/г. На площадке ведется постоянный мониторинг, призванный своевременно выявлять любые случаи радиоактивного загрязнения грунтовых вод.

В целом программы радиологического мониторинга осуществляются на всех площадках, отнесенных к категории полигонов захоронения исторических РАО. В виду того, что до сих пор ни на одной из этих площадок не было установлено факта превышения установленных норм по уровню радиоактивного загрязнения окружающей среды, никаких работ по извлечению и перезахоронению данных отходов на сегодняшний день не запланировано (табл. 3.6).

Табл. 3.6. Сводная таблица по основным площадкам, содержащим исторические РАО, находящимся в ведении СЕА

Площадка	Объем отходов, м ³	Вид отходов	Решение по обращению с отходами
ZEDI (Карадаш)	192 000	ОНАО и нерадиоактивные отходы	Захоронение на месте
Пруд (Маркуль)	1 160	ОНАО и НАО	Захоронение на месте
Полигон захоронения загрязненного грунта (Маркуль)	126 000	ОНАО (прогнозные данные)	Захоронение на месте
Полигон траншейного типа (Маркуль)	50 000	ОНАО и НАО	Захоронение на месте
Сакль (здание 133)	74	ОНАО	Захоронение на месте
Экспериментальные шахты (Морвилье)	-	ОНАО	Захоронение на месте
Вальдук (6 траншей)	от 100 000 до 150 000 м ³	ОНАО + нерадиоактивные отходы	Захоронение на месте
Вальдук (зона 045)	8 990	ОНАО (грунт)	Захоронение на месте
Итого:	от 480 000 до 530 000 м ³ исторических РАО		

Среди всех объектов, содержащих отходы, классифицируемые в соответствии с французскими нормами как «полигоны захоронения исторических РАО», следует отдельно выделить площадку обогатительного завода Comurhex Malvesi, на котором с 1960 года осуществлялся технологический процесс конверсии природного урана в тетрафторид урана (UF₄). Технологические отходы, образующиеся в результате осуществления этого процесса, после нейтрализации известковым раствором направляли в осадительные бассейны: пруды В1–В6 (бассейны В4 и В5 объединены в единый пруд, В1 и В2 – осушены) представляют собой осадительные бассейны, а пруды

В7–В12 предназначены для осуществления процессов естественного испарения и концентрирования жидкой фазы (рис. 3.15). Следует отметить, что в период с 1960 по 1983 гг. на заводе также осуществлялся процесс конверсии регенерированного урана в тетрафторид урана.

В 2004 году произошло обрушение восточной плотины бассейнов В1 и В2, после чего их эксплуатация была остановлена (рис. 3.16).

Всего за годы эксплуатации в этих прудах было накоплено порядка 280 000 м³ шлама, включая грунт и другие материалы от обрушения плотины.

По состоянию на конец 2011 года в бассейнах комплекса содержалось:

- 300 000 м³ вскрытых пород, образовавшихся в результате осуществлявшейся в прошлом добычи серы на площадке, залегающих под бассейнами В1 и В2. Их радиоактивное загрязнение обусловлено инфильтрацией веществ, содержащихся в шламе на дне осадительных бассейнов;
- 300 000 м³ отходов от переработки нитратных ЖРО, находящихся в испарительных бассейнах;
- 40 000 м³ шлама в осадительных бассейнах В5 и В6;
- 20 000 м³ различных отходов, находящихся под бассейном В3, который на данный момент используется в целях управления водными ресурсами на площадке.

Согласно текущим оценкам, к 2050 году в результате работы установок перерабатывающего комплекса Comurhex Malvesi может образоваться еще от 200 000 до 300 000 м³ шлама. В целях уменьшения объемов твердых отходов, направляемых на хранение, Andra занялась разработкой проекта, предусматривающего фильтрацию и сушку шлама (обезвоживание до 60 %). Внедрение данной технологии позволит снизить объемы ТРО до 88 000 м³ к 2030 году.

Удельная активность отходов, образующихся в результате работы комплекса, колеблется в достаточно широких пределах. Например, в случае смесей шлама с различными материалами, а также твердых отходов, образующихся в результате тепловой обработки нитратов и загрязненного грунта, удельная активность, как правило, не пре-



Рис. 3.15. Бассейны на территории комплекса Comurhex Malvesi

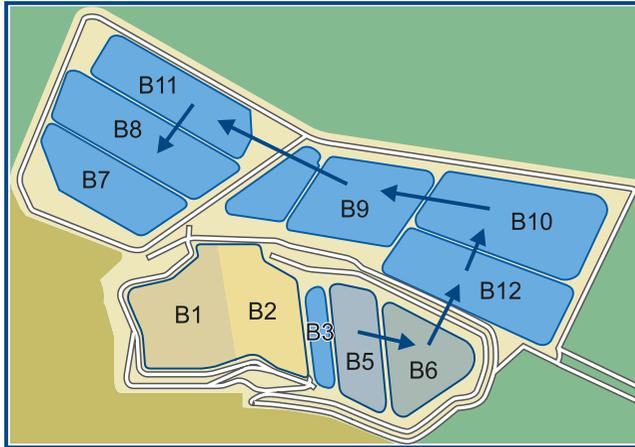


Рис. 3.16. Схема движения ЖРО через систему бассейнов

вышает 100 Бк/г, в то время как удельная активность шлама, на данный момент находящегося в осадительных бассейнах или РАО, которые образуются в результате осушения шлама, может достигать 500 Бк/г.

В конечном итоге суммарный объем отходов, которые образуются за все годы работы комплекса, оценивается в более чем 1 млн м³. При этом всего 1 % суммарной активности РАО из бассейнов В1 и В2 обусловлен присутствием искусственных радионуклидов, образовавшихся в результате конверсии регенерированного урана. В целом активность шлама из бассейнов В1 и В2 по большей части обусловлена присутствием урана и тория. Причем столь высокие уровни активности не позволяют разместить данные отходы в пункте централизованного захоронения Морвилье.

В отношении РАО, размещенных в данных объектах, оператор площадки были разработаны планы по долгосрочному и краткосрочному обращению. В краткосрочной перспективе планируется изменить границы прудов В3, В5 и В6 с целью создания комплекса камер, в которых будут размещены отходы, образующиеся в результате эксплуатации установок предприятия. При этом уже накопленный в этих бассейнах шлам планируется переместить в пруды В1 и В2. Прошедший фильтрацию шлам из бассейнов В5 и В6 планируется размещать в специально сооруженной для этих целей камере проектируемого на данный момент пункта хранения ECRIN. Что касается долгосрочной перспективы, то сейчас, с учетом объемов отходов, их физико-химических характеристик и удельной активности, изучается сразу несколько концепций захоронения, в том числе вариант сооружения пункта захоронения непосредственно на территории комплекса.

Природные обогащенные материалы

Пункты захоронения технологически обогащённых природных радиоактивных материалов (TENORM*) представляют собой третий вид площадок, содержащих исторические РАО. К TENORM относят, например, фосфогипсовые отходы, образовавшиеся в результате производства удобрений, побочные продукты производства алюминия, каменноугольную смолу от работы ТЭС, побочные продукты производства редкоземельных металлов из моназита. Всего насчитывается несколько десятков таких объектов, в том числе несколько городских зданий, при возведении которых использовались материалы с незначительным радиоактивным загрязнением. Среди всех объектов можно выделить пять, содержащих наибольшие объемы TENORM:

- автомагистраль А126 Шийи-Мазарен. В ходе сооружения данной автострады 1970-е гг. было использовано порядка 1 700 м³ грунта, доставленного с территории промышленного предприятия по производству радия Societe nouvelle du radium (sNR), расположенного вблизи города Жиф-сюр-Иветт, и еще 2 200 м³ очень низкоактивных материалов, образовавшихся в результате проведения работ по очистке территории завода в Буше (первого во Франции завода, где в период с 1946 по 1971 гг. осуществлялась программа по обогащению и конверсии урана). В среднем активность дорожного полотна в этой местности не превышает 3 Бк/г;
- полигон захоронения курганного типа Монбуше, где размещено около 24 600 м³ отходов, на сегодняшний день относящихся к категории ОНАО и образовавшихся

* англ. Technologically Enhanced Naturally Occurring Radioactive Material.

в ходе проведения работ по очистке территории промышленной площадки завода Буше с мая 1975 по март 1977 гг;

- лагуна Верни в Лус-де-Лиль содержит около 3 600 м³ очень низкоактивного шлама от переработки минерального сырья;
- промышленная площадка завода Шеф-де-Бэ в Ла Рошеле, где размещены побочные продукты производства редкоземельных металлов из моназита объемом около 35 000 м³;
- порт Паллис в Ла Рошеле, при сооружении насыпи которого были использованы материалы (около 50 000 м³), образовавшиеся в результате переработки очень низкоактивных материалов природного происхождения на заводе Солвэ.

По результатам проведенной ASN в 2005–2009 гг. инвентаризации было установлено еще около полусотни площадок, содержащих TENORM: 46 из них представляют собой хранилища каменноугольной смолы и золы, образовавшейся в результате работы ТЭС, а еще 5 – пункты хранения фосфогипсовых отходов, образовавшихся в результате производства удобрений.

§ 3.2. Нормативно-правовая база организации работ по ликвидации ядерного наследия Франции

Уже в 1945 году во Франции был учрежден Комиссариат по атомной энергии (CEA), в ведении которого должны были находиться вопросы использования атомной энергии в науке, промышленности, а также в сфере национальной безопасности.

Естественно, этому комитету вменялась в обязанность и разработка нормативно-правовых документов, обеспечивающих радиационную безопасность на радиационно-опасных объектах и радиационную безопасность населения и окружающей среды на всех этапах функционирования этих объектов, в том числе и на этапе их вывода из эксплуатации. Важную роль на этапе вывода из эксплуатации приобретает вопрос рекультивации подверженных радиационному загрязнению территорий и оценка возможности их использования для нужд страны.

Если на начальном этапе создания ядерного комплекса Франции задачи его последующей ликвидации практически не рассматривались, то после прошедших почти 60 лет его функционирования и исчерпания сроков эксплуатации большинства радиационно опасных производств вопрос организации эффективных работ по выводу их из эксплуатации и возвращения загрязненных территорий в хозяйственный оборот приобретает первостепенное значение.

CEA разработаны нормативно-правовые акты и подходы, регулирующие вопросы вывода объектов ядерного комплекса Франции из эксплуатации и последующей рекультивации загрязненных территорий. Они базируются на положениях государственного законодательства Франции в области защиты населения и окружающей среды при использовании атомной энергии.

Регулирующим органом в области использования атомной энергии во Франции является ASN* (Управление ядерной безопасности), выполняющее функции разработчика рекомендаций и контролирующее деятельность операторов ядерных установок с точки зрения выполнения требований нормативных документов.

* фр. Autorité de Sûreté Nucléaire.

3.2.1. Законодательство и нормативы по останову и выводу из эксплуатации ядерных установок

Согласно положениям закона «О прозрачности и физической безопасности в области использования атомной энергии» от 13 июня 2006 года, для выполнения работ по окончательному останову и выводу из эксплуатации любой базовой ядерной установки ее оператору необходимо предварительно получить соответствующую лицензию [12].

Заявка на получение такой лицензии должна быть направлена на рассмотрение регулирующему органу не менее чем за 3 года до планируемого срока начала работ по выводу из эксплуатации и содержать данные об условиях окончательного останова установки, порядке осуществления работ по выводу из эксплуатации и обращению с РАО, конечном состоянии площадки, а также порядке осуществления надзора и технического обслуживания.

В состав документации, направляемой на рассмотрение регулирующему органу, в обязательном порядке входят:

- последняя версия плана работ по выводу из эксплуатации;
- предварительный отчет по обоснованию безопасности;
- оценка воздействия на окружающую среду и эксплуатационный регламент.

За год до начала проведения работ по выводу из эксплуатации оператор направляет окончательную версию заявки министерству, ответственному за обеспечение безопасности. В документах заявки указываются следующие сведения:

- обновленный план работ по выводу из эксплуатации, планируемые этапы проведения работ по ликвидации установки, общий порядок проведения работ. К данным материалам прилагаются соответствующие отчеты по безопасности;
- состояние площадки и установки после завершения работ по выводу из эксплуатации;
- описание результатов анализа рисков и воздействий, обуславливаемых проведением работ по выводу из эксплуатации, в частности методов и технологий обращения с образующимися в ходе проведения работ отходами;
- прогнозы относительно того, для каких целей рассматриваемая площадка может быть использована в будущем;
- обновленный план действий в аварийных ситуациях;
- описание мер по надзору (мониторингу) и техническому обслуживанию на площадке по окончании проведения всех работ по выводу из эксплуатации.

Что касается графика выполнения работ, то конкретных временных рамок для осуществления проектов по выводу из эксплуатации регулирующий орган не устанавливает. Тем не менее он рекомендует операторам выполнять немедленный демонтаж ядерных установок, при котором не следует дожидаться распада короткоживущих радиоактивных элементов. Одним из преимуществ такой стратегии является возможность использования опыта персонала, проработавшего на установке в период ее эксплуатации.

Отложенный демонтаж с проведением всех работ с отсрочкой на 30–50 лет позволяет добиться снижения уровней радиоактивного излучения, а следовательно, снизить дозовые нагрузки на персонал, однако лишает возможности привлечения к работам со-

трудников, досконально знающих особенности площадки. Таким образом, часть полезных сведений об установке может быть утрачена.

В целом работы по выводу из эксплуатации проводят в несколько этапов [13]:

1. Работы, проводимые в рамках действующей лицензии на эксплуатацию ядерной установки:

- Решение о прекращении штатной эксплуатации ядерной установки. Данный этап включает удаление из установки всего объема ядерного топлива и радиоактивных отходов, образовавшихся в ходе ее эксплуатации, обработку ЖРО, очистку и извлечение всех опасных материалов. Перед началом проведения таких работ оператор должен направить соответствующее уведомление регулирующему органу и передать ему на рассмотрение обоснование безопасности. Регулятор формально подтверждает завершение данного этапа на основании итогов экспертизы материалов отчета оператора о выполнении работ и результатов осмотра площадки.

2. Проведение работ в соответствии с выданным регулирующим органом постановлением об окончательном останове и выводе из эксплуатации ядерной установки:

- работы, направленные на достижение состояния окончательного останова: демонтаж тех частей оборудования, использование которых в целях проведения надзорных мероприятий и обеспечения безопасности в дальнейшем не потребуется. По окончании данного подэтапа составляется реестр радиоактивных материалов, содержащихся в установке;
- окончательный останов ядерной установки, в том числе подготовка к ряду демонтажных работ, проведение которых в нормальном режиме эксплуатации невозможно. На данном этапе проводятся дополнительные мероприятия по дезактивации и демонтажу отдельных частей оборудования, осуществляется переход к новому регламенту проведения работ на установке, в результате чего постепенно снижается интенсивность надзорных мероприятий как на самой установке, так и в ее окрестностях;
- работы по выводу из эксплуатации/демонтажу установки, позволяющие достичь заранее оговоренного конечного состояния площадки и прекратить действие ядерной лицензии.

3. Этап прекращения действия лицензии, по окончании которого изменяется административный статус установки, а также могут быть наложены ограничения на дальнейшее использование площадки. Такое решение принимается регулирующим органом на основании заявки оператора, результатов рассмотрения итогового отчета оператора о выполненных работах и посещения площадки представителем регулирующего органа.

Руководство ASN № 14 от 26 июня 2006 года содержит рекомендации относительно методологий проведения окончательной очистки загрязненных или активированных конструкций (в частности, бетонных конструкций) базовых ядерных установок. Задача данного руководства – предоставить рекомендации по изменению статуса «зон размещения отходов» (концепция «зонирования отходов») на ядерных установках.

В соответствии с положениями французского законодательства не предусмотрена практика введения в соответствии с концепцией директивы Евратома 96/29 «уровней освобождения» (или «общепринятых уровней радиоактивности, ниже которых выбросы и отходы, образующиеся в результате осуществления ядерной деятельности, могут быть захоронены как обычные отходы без применения особых мер надзора»). Вместо этого применяется концепция «зонирования отходов», согласно которой ядерные установки разделяют на две категории:

- «зоны», производящие радиоактивные отходы;
- «зоны», производящие нерадиоактивные отходы.

Таким образом, материалы, образующиеся в «зоне», производящей радиоактивные отходы, не могут быть освобождены от регулирующего контроля. Более того, подобных критериев не существует и для освобождения зданий, сооружений и площадок от регулирующего контроля по окончании проведения работ по выводу из эксплуатации. Вместо этого решение об освобождении может быть принято регулирующим органом лишь по результатам анализа состояния конкретной площадки или объекта с учетом сценария вывода из эксплуатации и категории землепользования, которую планируется присвоить рассматриваемой площадке в будущем [13].

Причем в случае вывода из эксплуатации предполагается изменение статуса всех «зон размещения отходов» на «зоны, не содержащие отходов», что позволяет реализовать процедуру прекращения действия ядерной лицензии. Согласно положениям Руководства, оператор должен обосновать цели проведения работ по очистке установки и площадки, а также продемонстрировать тот факт, что остаточное радиологическое воздействие установки/площадки снижено до минимально возможного уровня (принцип ALARA) в соответствии с передовыми технологическими решениями и практиками, применяемыми как на национальном, так и на международном уровне.

3.2.2. Стратегия вывода из эксплуатации

В недавнем прошлом компания EDF придерживалась стратегии отложенного вывода из эксплуатации остановленных энергетических реакторов, а полный демонтаж таких установок планировалось осуществить лишь спустя несколько десятилетий после снижения уровня радиоактивности содержащихся в установках материалов.

Эта стратегия была пересмотрена в 1999 году. Сначала EDF планировала применить новую стратегию исключительно в отношении тяжеловодного реактора EL4/Brennilis, но в 2001 году с одобрения ASN было решено использовать данную практику повсеместно.

За выбор конкретного сценария отвечает сам оператор установки. В целом регулятор рекомендует операторам придерживаться стратегии немедленного демонтажа, и до сих пор все работы по выводу из эксплуатации и демонтажу ядерных установок во Франции осуществлялись именно в соответствии с этим сценарием. Чтобы избежать ненужного раздробления на составные части нескольких проектов по демонтажу одной ядерной установки и достичь взаимной согласованности выполняемых работ, на момент окончательного останова ядерной установки оператор должен передать ASN отчет, содержащий сведения о составе работ на каждом этапе вывода из эксплуатации, начиная с момента окончательного останова установки и заканчивая достижением заданного конечного состояния площадки. Кроме того, в рамках отчета оператор должен описать характер и величину риска, обуславливаемого установкой на каждом этапе, а также меры по контролю над этими рисками.

3.2.3. Законодательство и нормативы по рекультивации территорий урановых рудников

На сегодняшний день ответственность за проведение работ по рекультивации и мониторингу большей части площадок во Франции возложена на компанию AREVA. Практически на всех площадках работы по рекультивации полностью завершены, и многим из

них уже присвоена новая категория землепользования (земли сельскохозяйственного, промышленного, общественного назначения и т. п.). Все площадки занесены в национальный реестр урановых рудников MIMAUSA. Ответственность за составление реестра возложена на IRSN (Институт радиационной защиты и ядерной безопасности Франции), осуществляющий данный проект по поручению Министерства охраны окружающей среды Франции. Впервые реестр таких площадок был опубликован в 2004 году, а затем в 2007 году пополнен новыми сведениями. Сегодня база данных реестра доступна в режиме онлайн.

Что касается французского законодательства, то в данной области основополагающими являются три кодекса (рис. 3.17):

- Свод законов в сфере ведения горных работ;
- Свод законов природоохранного законодательства;
- Свод законов в сфере здравоохранения.

При этом пункты захоронения и горные выработки находятся в ведении ASN и Министерства охраны окружающей среды Франции. На пункты захоронения распространяются положения законодательства, действующие в отношении установок, предназначенных для защиты окружающей среды (ICPE), а на горные выработки – положения горного законодательства.

На все установки ЯТЦ, осуществляющие различные манипуляции с ядерными материалами уже после производства уранового концентрата, распространяются требования, действующие в отношении базовых ядерных установок, находящихся исключительно в ведении ASN.

РАО, образующиеся от переработки урановой руды, делятся на две категории:

- динамические хвосты, образующиеся в результате переработки руды с содержанием урана более 600 г/т на обогатительных установках;
- статические хвосты, образующиеся при кучном или статическом выщелачивании руды на месте.

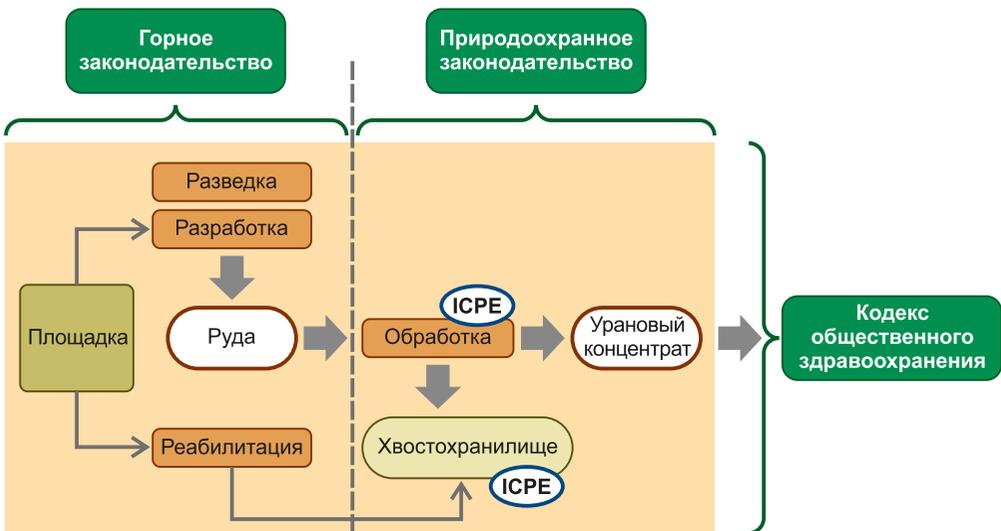


Рис. 3.17. Законодательная база Франции в области добычи и переработки урановых руд

В зависимости от конфигурации конкретной выработки возможна реализация одного из четырех вариантов захоронения хвостов (рис. 3.18).

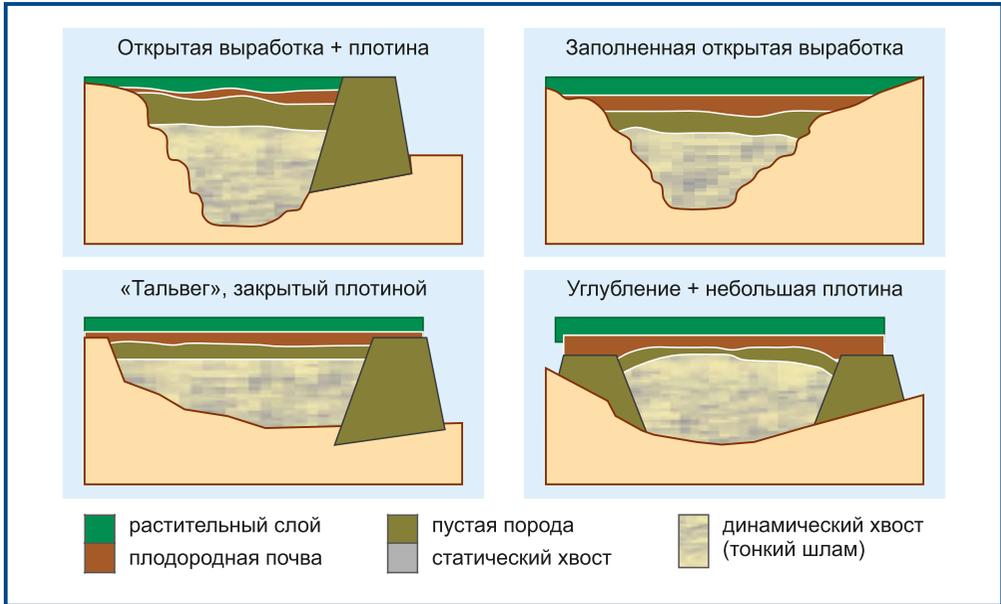


Рис. 3.18. Захоронение хвостохранилищ во Франции

До 1984 года во Франции не существовало никаких законодательных норм, регулирующих порядок использования материала пустой породы. В частности, этот материал применялся в строительстве (цессия). При этом данные о количествах, местонахождении и характере использования таких материалов никак не фиксировались (рис. 3.19).



Рис.3.19. Возможные области использования материала пустой породы во Франции

С 1984 года была установлена особая процедура цессии материала пустой породы, предполагающая фиксацию и хранение данных о происхождении материала, наименовании и юридическом адресе ответственной организации, средней концентрации урана в передаваемом материале*, его количестве, планируемой сфере применения

* для урана был установлен предел по концентрации – менее 100 г/т.

(строительство паркинга, дороги и т. п.), месте использования.

Кроме того, были наложены ограничения на сферы использования – отныне пустую породу не разрешалось применять в строительстве жилищ, складов, предприятий, а также при закладке фундамента.

В 2009 году во Франции вышел правительственный циркуляр, определивший дальнейший план действий в данной области. Данный план включал четыре основных пункта:

- Контроль за историческими площадками по добыче и переработке урановой руды.
- Проведение дальнейших исследований, которые бы позволили оценить потенциальное воздействие прошлой деятельности по добыче урана на окружающую среду и здоровье человека, а также модернизировать программу мониторинга.
- Осуществление обращения с пустой породой, переданной в общественное пользование.
- Информирование населения и ведение открытого диалога с общественностью.

В рамках реализации третьего пункта циркуляр предписывал определить текущий статус и сферу применения пустой породы, переданной в прошлом в общественное пользование, в том числе был предложен план проведения исследований и издан приказ о проведении ОВОС. В целом цессия потенциально могла привести к:

- формированию повышенных доз гамма-излучения на отдельных участках;
- поступлению радиоактивных материалов в организм перорально, например, при заглатывании земли детьми на детских площадках;
- накоплению радона в помещениях в случае, если пустая порода использовалась при возведении фундаментов зданий.

Был выявлен целый ряд эпизодов, когда такие материалы были изъяты из употребления: например, в одном из случаев пустая порода была использована при возведении фундамента лесопильного цеха, в другом – использовалась в качестве покрытия детской площадки.

В 2009–2010 годы AREVA приступила к реализации программы по составлению перечня областей и регионов, в которых при строительстве различных объектов был использован материал пустой породы (концентрация $U > 300$ г/т). Для этих целей производилось детектирование повышенных уровней радиоактивного излучения с воздуха, а затем в местах обнаружения повышенных доз осуществлялся контроль уровней радиоактивности на местах. Следует отметить, что аэро-детектирование обладает одним серьезным недостатком – оно не способно выявить пустые породы в случае их использования при возведении фундаментов зданий.

Также в 2003 году в рамках реализации программы по рекультивации объектов ядерного наследия горнодобывающего сектора была запущена программа Мимоза (MIMAUSA), задачей которой стало составление перечня всех площадок с указанием таких данных, как географическое распределение урана, объемы его добычи и производства, их изменение со временем, места размещения площадки с указанием организации-оператора, сведений о наличии хвостов (динамических, статических) и т. п. В итоге в 2007 году был опубликован национальный реестр урановых рудников Франции, причем сведения, представленные в нем, актуализируются ежегодно.

§ 3.3. Программы по выводу из эксплуатации объектов ядерного комплекса Франции и реабилитации загрязненных территорий

Французскую программу по выводу из эксплуатации можно разделить на две части:

- проекты по выводу из эксплуатации гражданских ядерных установок;
- проекты по ликвидации и реабилитации территорий установок ядерного оружейного комплекса.

Основными организациями, занимающимися проведением работ в этой области, являются EDF, AREVA и CEA. На национальное агентство по обращению с РАО (Andra) возложена ответственность за окончательную изоляцию РАО, в том числе отходов, образующихся в результате проведения работ по выводу из эксплуатации.

На данный момент на этапе вывода из эксплуатации находятся следующие основные ядерные установки (рис. 3.20) [14]:

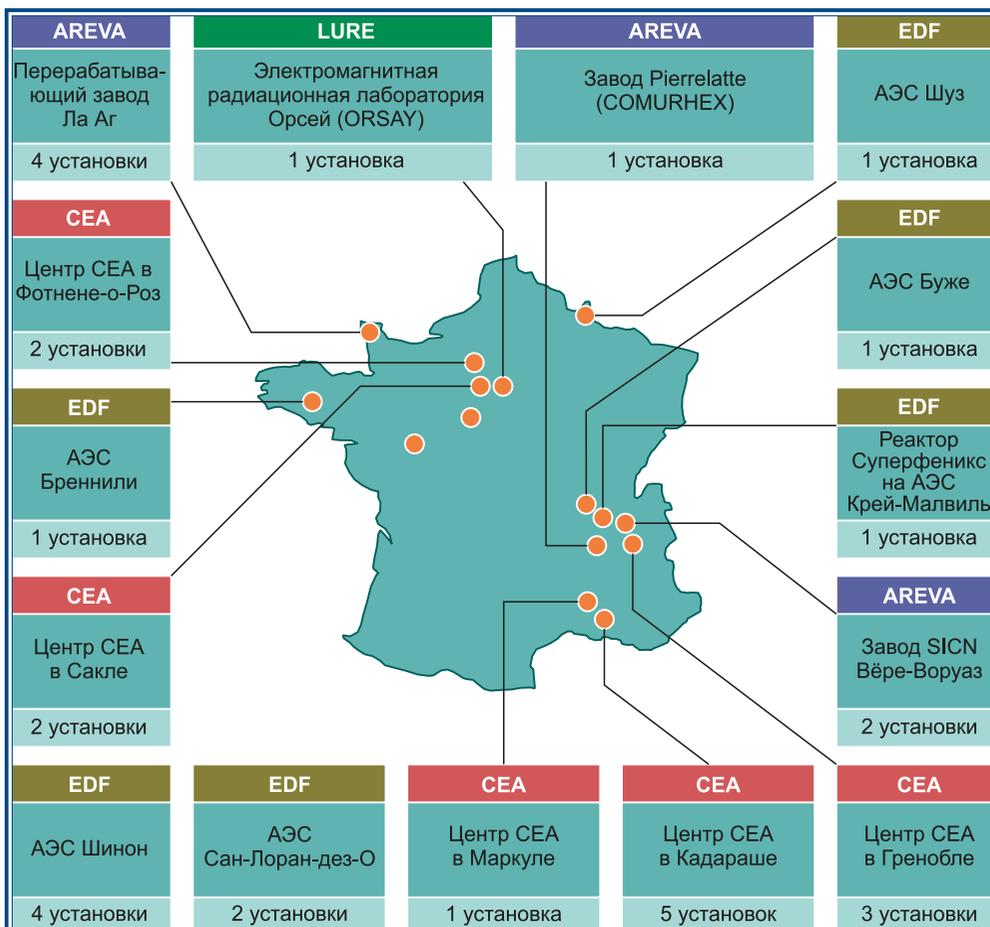


Рис. 3.20. Основные ядерные установки во Франции, находящиеся на этапе вывода из эксплуатации

- уран-графитовые реакторы с газовым охлаждением (Bugey 1, Chinon A1D, A2D, A3D, Saint-Laurent-des-Eaux A1 и A2), один реактор на быстрых нейтронах (Creys-Malville или Superphenix), один тяжеловодный реактор (EL4/Brennilis), т. е. в общей сложности 9 реакторных блоков. Осуществлением работ по выводу из эксплуатации на всех девяти объектах занимается компания EDF. Согласно стратегии EDF, вся программа работ по выводу из эксплуатации разбита на два этапа, рассчитанных на срок до 2025–2036 года:
 - на первом этапе будет осуществлен вывод из эксплуатации реакторов «первого поколения» (это 8 реакторных блоков);
 - на втором – быстрого реактора в Крей-Малвилле;
 - несколько ядерных установок гражданских ядерных исследовательских центров CEA (ATRU, ATUe, а также все установки в Гренобле, Фонтене-о-Роз и т. д.);
- ряд ядерных установок, принадлежащих AREVA (перерабатывающий завод UP2-400, SICN);
- различные установки ЯОК Франции: перерабатывающий завод в Маркуле, а также реакторные блоки, размещенные на этой площадке, завод в Пьерелатт.

3.3.1. Программа по реабилитации и выводу из эксплуатации объектов ЯОК

Во Франции наработка оружейного плутония была прекращена в 1992 году, а в 1996 году прекратилось производство высокообогащенного урана, тогда же правительством Франции был подписан мораторий, запрещающий изготовление ядерных материалов военного назначения, и принято решение о немедленном выводе из эксплуатации всех объектов, связанных с производством ядерных материалов. Таковыми были признаны два комплекса: обогатительный завод Пьерелатт, с 1964 по 1996 год производивший высокообогащенный уран, а также установки комплекса Маркуль (три уран-графитовых реактора G1, G2 и G3 и перерабатывающий завод UP1) [14].

Французская программа вывода из эксплуатации и реабилитации объектов ядерного наследия была запущена в 2001 году. Организацией всех работ в этой области занимается Департамент по атомной энергии при Комиссариате по атомной энергии Франции (DEN CEA). Одной из основных целей стратегического плана DEN является демонтаж к 2025 году всех ядерных установок, закрытых в период с 1980 по 2010 год. При этом площадки в Кадараше и Маркуле планируется превратить в главные ядерные исследовательские и экспериментальные центры страны, а в научных центрах Фонтене-о-Роз и Гренобль – ликвидировать все ядерные установки [15].

Газодиффузионный завод в Пьерелатте

Сразу после закрытия газодиффузионного завода Пьерелатт в 1996 году стартовали работы по подготовке к выводу из эксплуатации, занявшие около шести лет. С 2002 года компания SOGEMA начала работы по демонтажу установок газодиффузионного комплекса до «второго уровня». Это означает, что речь шла о частичном демонтаже, включающем дезактивацию и снос всех зданий и сооружений, окружавших четыре основные установки, где в прошлом велось обогащение урана (площадь комплекса 5 га).

Сами установки были дезактивированы, а оборудование демонтировано. В ходе проведения работ по выводу из эксплуатации с площадки завода было вывезено порядка 3 тонн урана (UO_2F_2 , UF_4 , UF_5) и около 20 000 т ОНАО. Все работы по выводу из эксплуатации были завершены в 2008 году [16].

Ядерный комплекс в Маркуле

Бывший ядерный оружейный комплекс Маркуль является одной из площадок, где DEN проводит самые масштабные работы по выводу из эксплуатации во Франции (перерабатывающий завод UP1 и три уран-графитовых реактора G) [17].

Уран-графитовые реакторы

Работы по демонтажу реактора G1 стартовали еще в 1969 году, а реакторов G2 и G3 – в 1986 году [17]. В 1980-х гг. была завершена первая стадия демонтажа G1, а в 1996 году – G2 и G3, включавшая дезактивацию, демонтаж системы охлаждения и обеспечения изоляции реакторных блоков.

В период с 1991 по 1996 год около 4 000 тонн металлических отходов, образовавшихся в ходе проведения работ, было переплавлено и транспортировано в приповерхностные пункты захоронения Об (пункт приповерхностного захоронения короткоживущих САО и НАО) и Морвилье (ОНАО).

Ко второму этапу работ можно будет приступить лишь после 2020 года, что продиктовано двумя основными причинами:

- за это время уровень активности ^{60}Co , обладающего периодом полураспада 5,2 года, значительно снизится, что позволит уменьшить дозовую нагрузку на персонал и захоронить металлические РАО в приповерхностном пункте захоронения Об;
- специальный пункт захоронения для графит-содержащих отходов планируется ввести в эксплуатацию к 2020 году.

Ожидается, что все три реактора будут окончательно ликвидированы лишь к 2035 году, а общая стоимость работ составит порядка 500 млн евро.

Перерабатывающий завод UP1

Работы по дезактивации и демонтажу UP1 стартовали сразу после закрытия завода в 1997 году. На сегодняшний день единственным участком UP1, где работы близятся к завершению, является цех разделки ОТВС, раньше производивший приемку, хранение и подготовку топлива к переработке. Уровни радиоактивного загрязнения на этом участке настолько высоки, что практически все работы приходится проводить с использованием дистанционно управляемых устройств. В целом работы по выводу из эксплуатации завода UP1 планируется завершить не ранее 2040 года.

К этому сроку внутри комплекса не должно остаться ни загрязненного оборудования, ни РАО, что позволит перевести установку на этап ведомственного контроля. Сегодня затраты на реализацию всех работ по выводу из эксплуатации, проводимых в Маркуле, оцениваются на уровне около 300 млн евро в год.

Быстрый реактор PHENIX

Реактор на быстрых нейтронах был остановлен в 2009 году. Заявка на ликвидацию установки была подана оператором в декабре 2011 года. В 2015 году ASN за-

вершило рассмотрение заявки и выдало положительное решение, санкционировавшее дальнейшее проведение работ по выводу реактора из эксплуатации. На данный момент на площадке продолжается выполнение подготовительных работ, предваряющих окончательный останов реактора. Так, в 2013 году был реализован проект по дезактивации и удалению компонентов корпуса реактора, осуществлен демонтаж вспомогательных систем и неиспользуемого оборудования. На сегодняшний день полностью демонтировано всё оборудование установки, производившей электроэнергию, и выгружены топливные сборки из корпуса реактора и его крышки.

Перерабатывающий завод в Ла Аге

В ноябре 2013 года правительством Франции были приняты три указа, давшие старт программе по демонтажу и реабилитации площадки перерабатывающего завода UP2-400, закрытого еще в 2003 году. К работам планируется привлечь порядка 500 человек, а завершены они будут не ранее 2038 года. Общие затраты на реализацию проекта должны составить порядка 4 млрд евро.

При проведении работ на установке UP2-400 будет использован опыт, полученный в ходе вывода из эксплуатации и ликвидации опытного завода АТ1, где в период с 1969 по 1979 год осуществлялась переработка отработавших топливных элементов из быстрых реакторов Rapsodie и Phenix. На этой установке было произведено порядка 1 тонны урана и плутония при скорости сепарации 1 кг/день. Работы по дезактивации АТ1 были полностью завершены к концу 2001 года, что обеспечило возможность доступа персонала во внутренние помещения здания без необходимости применения особых мер предосторожности. Реализация этого проекта позволила компании SOGEMA и SEA накопить ценный опыт по демонтажу горячих камер с повышенными уровнями радиоактивности. Такие камеры демонтировались с применением специального устройства с дистанционным управлением АТЕНА, представляющего собой поворотную выдвижную механическую руку (11 м), оснащенную выдвижными манипуляторами и режущими инструментами. Среди множества различных технологических процессов, примененных в ходе реализации данного проекта, одним из наиболее интересных является общая дезактивация стен здания, выполненная путем абразивной чистки с использованием инструментов, закрепленных на радиоуправляемом роботе Брокк.

Рекультивация территории урановых рудников

Еще одним объектом проведения работ по реабилитации объектов ядерного наследия является рекультивация старых урановых рудников.

На сегодняшний день ответственность за проведение работ по рекультивации и мониторингу большей части площадок во Франции возложена на компанию AREVA.

Практически на всех площадках работы по рекультивации полностью завершены, и многим из них уже присвоена новая категория землепользования (земли сельскохозяйственного, промышленного, общественного назначения и т. п.).

3.3.2. Программа по выводу из эксплуатации реакторов первого поколения

Все восемь энергетических реакторов первого поколения и один быстрый реактор должны быть полностью ликвидированы к 2036 году. Окончательное решение по этому вопросу было принято в марте 2004 года, когда Консультативный совет подтвердил техническую осуществимость данной программы.

На рис. 3.21. представлены реакторные блоки во Франции, находящиеся на стадии вывода из эксплуатации (EDF).

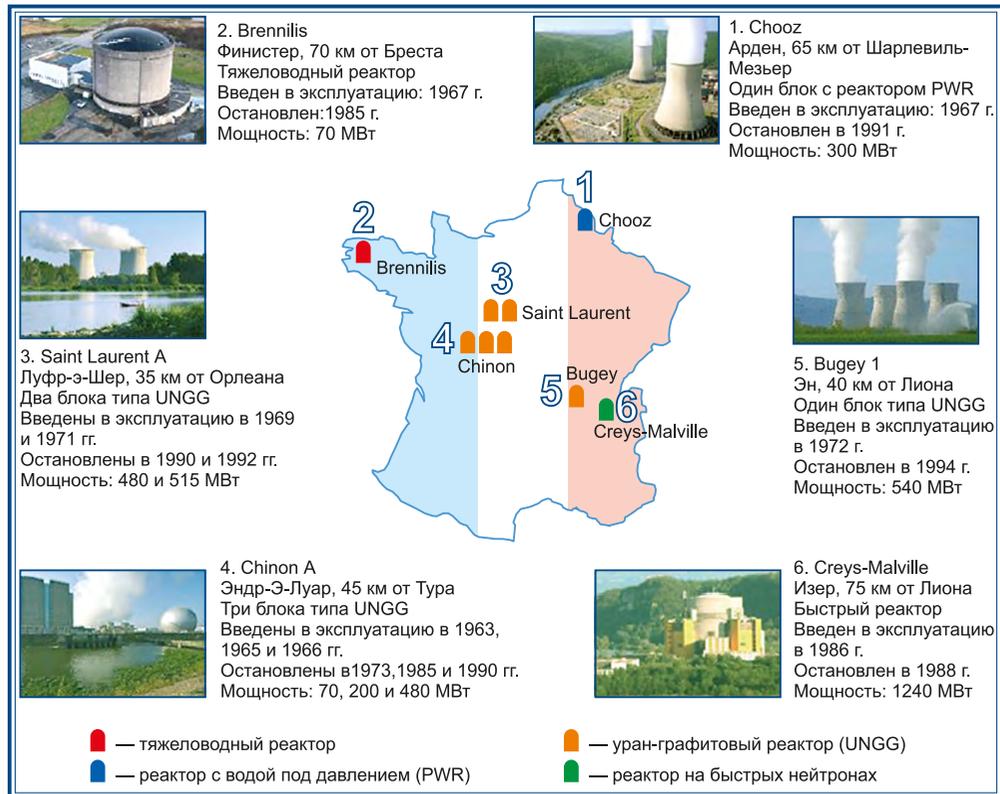


Рис. 3.21. Реакторные блоки во Франции, находящиеся на стадии вывода из эксплуатации (EDF)

Повторная экспертиза программы по выводу из эксплуатации уже остановленных установок EDF была проведена в 2011 году Институтом радиационной защиты и ядерной безопасности (IRSN), оказывающим техническую поддержку регулирующему органу.

Согласно выводам экспертов IRSN ряд проектов по выводу из эксплуатации не сможет быть реализован в срок. Кроме того, по ряду вопросов обеспечения безопасности отсутствуют обоснования безопасности. В этой связи IRSN рекомендовал регулирующему органу произвести глобальный пересмотр программы по выводу из эксплуатации, разработанной компанией EDF, и обеспечить альтернативы, которые бы позволили реализовать все проекты своевременно.

Еще одна рекомендация касалась рассмотрения различных вариантов обращения с отходами, содержащими графит и образующимися в результате демонтажа активных зон уран-графитовых реакторов, в том случае, если пункт захоронения долгоживущих НАО не удастся открыть в срок.

Согласно оценкам французских специалистов в результате реализации программы по выводу из эксплуатации установок EDF в течение следующих 20 лет образуется около 500 тонн долгоживущих НАО и САО, порядка 18 000 тонн долгоживущих низкоактивных отходов, содержащих графит, 41 000 тонн короткоживущих НАО и САО, 105 000 тонн ОНАО и более 800 000 тонн нерадиоактивных отходов [18].

Вывод из эксплуатации уран-графитовых реакторов

На данный момент своевременное осуществление программы по выводу из эксплуатации уран-графитовых реакторов (см. раздел 3.1.4) во многом зависит от успеха реализации проекта по созданию пункта захоронения долгоживущих НАО. Он предназначен, в частности, и для захоронения больших объемов графит-содержащих отходов, образующихся при выводе из эксплуатации этого типа реакторов.

Разрабатываемая концепция захоронения предполагает окончательную изоляцию таких РАО в приповерхностных установках, размещенных в глиняных формациях, на глубине от 15 м в случае обнаженных пластов глины (для РАО, содержащих радий) и до 200 м в случае залегания глиняных формаций на большей глубине (графит-содержащие отходы) (рис. 3.22).

В ходе первой кампании по поиску площадки для строительства подобного объекта в 2008 году найти подходящую площадку не удалось.

На данный момент проводятся НИОКР и запущена вторая кампания по поиску площадки. Поэтому, несмотря на имеющиеся успехи в разработке концепции, построить пункт захоронения в срок вряд ли удастся. По этой причине в ближайшее время регулирующий орган собирается проанализировать концепцию вывода из эксплуатации установок EDF и принять решение о возможном пересмотре сроков реализации программы по выводу из эксплуатации уран-графитовых реакторов. Текущие планы по выводу из эксплуатации данных объектов представлены на рис. 3.23 [19].

В 2016 году на площадке АЭС Буже была запущена в эксплуатацию установка для кондиционирования и промежуточного хранения активированных отходов ICEDA (рис. 3.24).

Ожидается, что этот объект сможет принять на хранение часть отходов, которые образуются в результате ликвидации девяти реакторов EDF, а спустя несколько лет эти РАО будут направлены в пункт централизованного геологического захоронения РАО, который Andra планирует открыть к 2025 году.

ICEDA, рассчитанная на прием среднеактивных долгоживущих отходов с периодом полураспада более 30 лет, будет состоять из трех больших горячих камер, установки для цементирования отходов, установки для очистки ЖПО, установки для автоматиче-



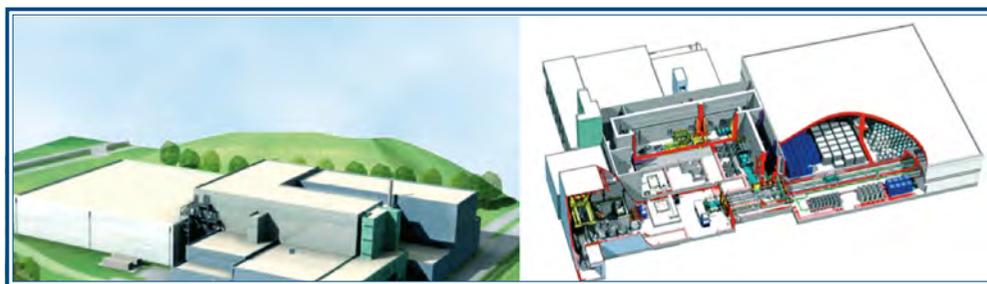
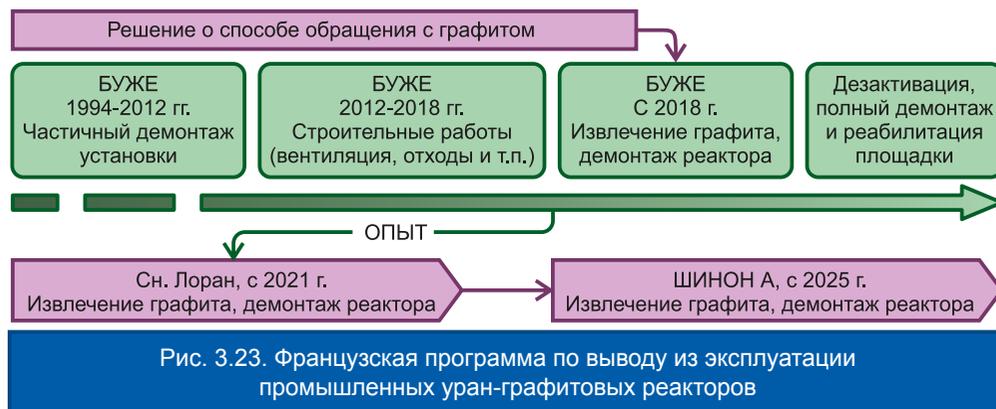


Рис. 3.24. Проект установки для кондиционирования и хранения активированных отходов ICEDA

ской упаковки отходов, системы автоматизированной доставки и характеристики отходов, обеспечивающей полностью дистанционное управление работами на объекте.

Следует отметить, что на категорию долгоживущих отходов приходится всего около 0,1 % объема всех отходов, которые образуются в результате реализации французской программы по выводу из эксплуатации, – порядка 500 тонн. Кроме того, в ICEDA временно разместят около 1 500 тонн металлических отходов, которые впоследствии также будут транспортированы в пункт геологического захоронения [20].

Реактор в Бреннилице

На этапе проектирования и строительства реактора АЭС Бреннилиц (см. раздел 3.1.4) вопросы вывода АЭС из эксплуатации не поднимались. Поэтому пространство для выполнения работ по выводу данной установки из эксплуатации оказалось еще более ограниченным, чем в большинстве проектов по выводу из эксплуатации. Более того, полностью отсутствовал доступ к реактору из-за сплошной защитной оболочки, выполненной из массивных железобетонных конструкций.

С 1985 года началась реализация первого этапа работ по выводу из эксплуатации реактора EL4, предусматривающего окончательную выгрузку топлива и полное осушение контуров теплоносителя. Работы по частичному демонтажу проводились с 1997 по середину 2007 года (деактивация и демонтаж всех зданий за исключением реакторного здания, удаление радиоактивных отходов, укрепление корпуса реактора). В результате

к концу 2007 году на площадке было реализовано около 50 % всех запланированных работ по выводу из эксплуатации.

В 2008 году оператор и владелец установки компания EDF определила исполнителя всех работ по демонтажу реакторного блока. Им стал франко-немецкий консорциум ONET TECHNOLOGIES и NUKEM TECHNOLOGIES GmbH. На данный момент реализуется последний, третий, этап работ по выводу из эксплуатации, в ходе осуществления которого будет выполнен полный демонтаж систем парогенератора, корпуса реактора и самого здания, содержащего реактор. Окончание работ запланировано на 2019 год.

Реактор на АЭС Шуз А

В апреле 2010 года EDF заключила контракт с компанией Westinghouse по демонтажу корпуса остановленного реактора на АЭС Шуз (см. раздел 3.1.4). В зону ответственности американской компании были включены следующие задачи: общее управление проектом, разделка (сегментация) корпуса, ВКУ и патрубков, демонтаж теплоизоляции корпуса, поставка системы фильтрации воды, а также выполнение мероприятий по соблюдению принципа ALARA в отношении дозовых нагрузок на персонал.

Ожидается, что работы по разделке корпуса завершатся в 2017 году. Тем временем, в сентябре 2013 года компания AREVA завершила дезактивацию элементов основного реакторного оборудования: была выполнена дезактивация оборудования первого контура реактора – четырех парогенераторов, компенсатора давления и трубопроводов. При выполнении работ специалисты AREVA использовали технологии собственной разработки CORD UV и AMDA: работы по дезактивации предусматривают постепенный ввод химических веществ в первый контур и их циркуляцию в течение нескольких суток. Впоследствии трубопроводы первого контура и все четыре парогенератора были демонтированы, два из них поступили в пункт захоронения CIRES (промышленный центр по сбору, хранению и захоронению радиоактивных материалов).

Окончание работ по ликвидации объекта запланировано на 2025 год. По завершении работ по очистке территории площадка останется в собственности компании EDF и сможет быть использована в промышленных целях.

Реактор SUPERPHENIX на АЭС Крей-Малвиль

Окончательный останов реактора SUPER PHENIX (см. раздел 3.1.4) был осуществлен в 1997 году. Решение об окончательном останове реактора было принято ввиду слишком больших эксплуатационных расходов, а также по политическим соображениям ядерной безопасности.

Все ОТВС были выгружены из реактора в начале 2003 года и размещены в находящемся на площадке пункте хранения (АРЕС). Разрешение на проведение работ по выводу из эксплуатации было выдано регулятором в марте 2006 года. Одновременно ASN выдал разрешение на эксплуатацию установки по обработке натриевых растворов (ТНА). Обработка натриевого теплоносителя осуществляется путем гидролиза с получением углекислого натрия, который затем вводится в состав цемента, используемого при производстве бетонных блоков на заводе по инкапсуляции. Отверженные бетонные блоки в целях снижения радиоактивности под действием процессов радиоактивного распада хранят на приреакторной площадке. План реализации мероприятий по выводу из эксплуатации и ликвидации реакторного блока Супер Феникс представлен на рис. 3.25.



Рис. 3.25. Этапы выполнения работ по выводу из эксплуатации реактора Супер Феникс

Работы по удалению натрия из первого контура были завершены в 2013 году, из второго контура – в 2014 году, а к июню 2014 года весь объем извлеченного натрия был переработан на установке TNA.

3.3.3. Программа по выводу из эксплуатации установок СЕА

На данный момент работы по выводу из эксплуатации проводятся в пяти исследовательских центрах СЕА: Фонтене-о-Роз, Гренобль, Кадараш, Маркуль и Сакле (см. раздел 3.1.5) (рис. 3.26). Общая стоимость реализации пяти проектов в 2010 году оценивалась на уровне 3,9 млрд евро.

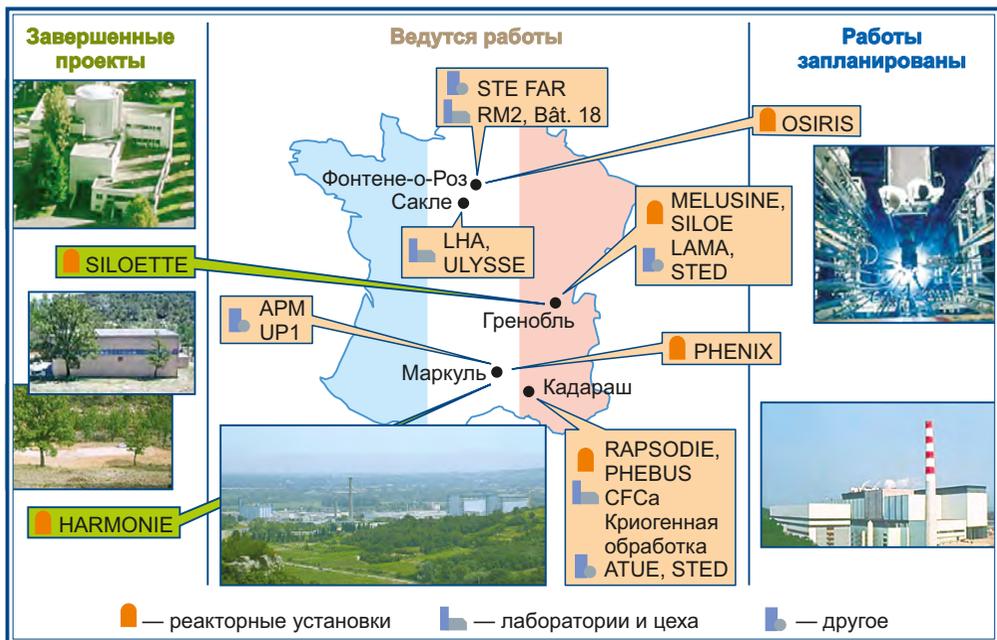


Рис. 3.26. Состояние работ по выводу из эксплуатации ядерных установок на площадках СЕА

Фонтене-о-Роз

Сейчас на территории центра Фонтене-о-Роз (см. раздел 3.1.5) продолжают работы по выводу из эксплуатации двух комплексов базовых ядерных установок (SUPPORT и PROCEDE). На эти два здания приходится около 60% площади всех сооружений, подлежащих ликвидации в Фонтене-о-Роз, а суммарные затраты на проведение всех запланированных работ по выводу из эксплуатации и ликвидации установок комплекса оцениваются в порядка 230,9 млн евро*.

Их ликвидация позволит трансформировать Фонтене-о-Роз в неядерный исследовательский центр. Разрешение на проведение работ по выводу из эксплуатации было получено в 2006 году, а сам проект по очистке территории и ликвидации лабораторий получил название «Аладин» [20, 21].

Разрешение на ликвидацию здания 18 было выдано в 2006 году, а завершить все работы по выводу из эксплуатации изначально планировалось к концу 2017 года. Основную трудность представляло проведение работ по ликвидации наиболее загрязненной линии PETRUS. В 2011 году работы по ее ликвидации были приостановлены, так как из-за повышенных уровней радиоактивного загрязнения потребовалась установка новой мощной вентиляционной системы. В 2013 году из-за подозрений на чрезвычайно высокие уровни радиоактивного загрязнения почв под зданием 18 было решено провести работы по характеристике грунта. Все это привело к тому, что сроки окончания работ на данном участке были сдвинуты на 2021 год.

Работы по ликвидации здания 52/2 (радиационно-металлургическая лаборатория), также относящегося к установке PROCEDE, уже завершены. К концу 2011 года было демонтировано 8 горячих камер и 134 перчаточных бокса, дезактивировано 9 горячих камер и 4 камеры-хранилища [20, 21].

Вторая базовая установка SUPPORT используется в ходе проведения работ по выводу из эксплуатации комплекса PROCEDE и будет ликвидирована только после завершения работ на первом участке. SUPPORT предназначена для хранения и размещения жидких радиоактивных отходов, а также оснащена оборудованием для обработки ТРО и помещениями для их хранения (HAO и OHAO) в ожидании транспортировки в пункты централизованного захоронения Andra. Также в состав установки входит оборудование для характеристики бочек с отходами (SANDRA B), введенное в эксплуатацию в 2011 году. С учетом задержек в реализации проекта PROCEDE, проект «Аладин» может быть завершен не ранее 2025 года [22].

Гренобль

В 2002 году было принято решение о полной ликвидации всех ядерных установок на территории ядерного центра в Гренобле (см. раздел 3.1.5). Проект получил название «Пассаж», а завершение всех работ по проекту было намечено на 2012 год. Всего на территории центра располагалось 5 крупных объектов, находящихся на разных стадиях проведения работ по выводу из эксплуатации:

- Работы по ликвидации STED (станции по обработке радиоактивных жидкостей и твердых отходов (BNI** 36) и пункта хранения ВАО (BNI 79)) стартовали в 2008

* согласно оценкам, проведенным в 2010 году.

** англ. Basic Nuclear Installation (базовая ядерная установка).

году. Выгрузка высокоактивных отходов из хранилища была полностью завершена в 2010 году, а к концу года все здания на участке были снесены. Однако обнаружение в почве взрывных устройств, датированных серединой прошлого века, затормозило проведение работ по реабилитации грунта. Эскавация грунта была продолжена только в 2012 году. На данный момент регулятор совместно с IRSN рассматривает итоговый отчет СЕА о проделанной работе и готовит заключение о прекращении действия ядерной лицензии.

- На территории объекта LAMA (лаборатория по анализу активированных металлов) работы по ликвидации установки стартовали в 2008 году. На данный момент выполняется последний этап работ по рекультивации загрязненной территории.

- Исследовательский реактор SILOE (рис. 3.27) был окончательно остановлен в 1997 году. Разрешение на ликвидацию установки было получено в 2005 году. Все внутренние конструкционные элементы были демонтированы к 2010 году. Однако уровни радиоактивного загрязнения бассейна реактора оказались значительно выше указанных в сценарии проведения работ по выводу из эксплуатации. Затем возникли трудности с очисткой фундамента здания. В результате ASN потребовал от СЕА представить новую стратегию выполнения работ по ликвидации данной установки. Работы по ликвидации объекта в соответствии с новым сценарием вывода из эксплуатации были завершены к середине 2014 года.



Рис. 3.27. Работы по сносу здания исследовательского реактора Siloé

- Исследовательский реактор SILOETTE, окончательно выведенный из эксплуатации в 2007 году, был полностью ликвидирован в 2012 году.

- Исследовательский реактор Melusine был окончательно остановлен в 1994 году. Разрешение на ликвидацию установки было получено в 2004 году, а работы по очистке территории завершились в середине 2009 года, после чего оператор направил ASN заявку на прекращение действия ядерной лицензии.

В виду того, что на площадке оставалось три зоны с остаточным загрязнением, из-за чего территория не соответствовала установленным критериям очистки, регулятор постановил продолжить проведение работ по реабилитации и рекультивации территории. На данный момент все работы на площадке завершены, а регулятор выдал положительное заключение.

Согласно оценкам специалистов, в ходе осуществления проекта «Пассаж» образовалось более 25 000 м³ РАО, в том числе 22 000 м³ ОНАО, 3 000 м³ НАО, 100 м³ САО и около 20 м³ ВАО. Все РАО были вывезены с площадки. Исключение составляют лишь

высокоактивные отходы, которые продолжают храниться в Гренобле до момента ввода в эксплуатацию централизованного пункта геологического захоронения РАО. Итоговая стоимость реализации работ подлежит уточнению, однако изначально затраты по ликвидацию установок Гренобля оценивались в сумму более 300 млн евро* [23, 24].

Кадараш

В Кадараше (см. раздел 3.1.5) на этапе вывода из эксплуатации находятся пять установок:

- реактор RAPSODIE, окончательно остановленный в 1983 году. Работы по ликвидации установки стартовали в 1987 году после получения соответствующего разрешения от регулирующего органа. В 1994 году все работы на площадке были временно приостановлены после несчастного случая, произошедшего в ходе обработки раствора натриевого теплоносителя, повлекшего смерть одного из работников. К 1997 году было завершено выполнение неотложных работ по демонтажу и очистке конструкций установки. В июне 2012 года СЕА направила регулятору обновленную версию стратегии по выводу RAPSODIE из эксплуатации, согласно которой в отношении реактора планировалось применить стратегию отложенного демонтажа с началом всех работ к 2049 году. На данный момент ASN продолжает рассмотрение материалов, переданных СЕА.

- лаборатория по разделке ОТВС LDAC, закрывшаяся в 1997 году. После закрытия лаборатории был осуществлен комплекс работ по очистке всех внутренних помещений. Сейчас в ожидании проведения второго этапа работ по выводу из эксплуатации осуществляется мониторинг установки.

- комплекс установок по обработке обогащенного урана АТUE был остановлен в 1995 году. Разрешение на ликвидацию объекта было получено в 2006 году: комплекс планировалось ликвидировать в течение пяти лет. В том же году были завершены все работы по демонтажу оборудования. Затем из-за целого ряда технических и финансовых трудностей темпы проведения работ резко сократились, и СЕА пришлось запрашивать у регулятора разрешение на продление срока окончания работ – десять лет вместо пяти. Кроме того, в заявке оператор несколько изменил сведения о конечном состоянии площадки. Возросли и объемы ОНАО, образующихся в результате проведения работ по выводу из эксплуатации. В ответ ASN потребовал от оператора представить полный комплект обновленных документов для подачи на рассмотрение новой заявки на ликвидацию объекта. Такой пакет документов оператором так и не был подготовлен, и к июлю 2012 года все работы на площадке были остановлены. В июне 2013 года ASN издал официальное постановление, обязывающее оператора завершить проведение всех работ в срок до 30 апреля 2014 года, т. е. в соответствии с разрешением на выводу из эксплуатации, выданным в 2006 году. К концу 2014 года оператор все-таки подготовил требуемый пакет документов и направил его на рассмотрение регулирующему органу. На данный момент ASN продолжает рассмотрение материалов, переданных СЕА.

- плутониевая технологическая установка АТРu, остановленная в августе 2003 года после того, как оператор не смог продемонстрировать обеспечение надлежащего уровня сейсмостойкости установок. Разрешение на ликвидацию АТРu и LCP

* согласно оценкам, проведенным в 2001 году.

(лаборатории химической очистки) было получено в 2009 году. Проект работ состоит из шести последовательных этапов, первый из которых был завершен к середине 2008 года: материалы, оставшиеся от производственной деятельности, были извлечены и упакованы, что позволило снизить уровень опасности, исходящей от установки. Большая часть опасных материалов была транспортирована на площадку комплекса Ла Аг.

Работы на участке АТРу были полностью завершены в 2014 году. Что касается лаборатории LCP, закрытой в 2003 году, то недавно был завершен первый этап работ по ликвидации этого объекта продолжительностью в 7 лет, рассчитанный на период до конца 2016 года. В результате был демонтирован первый барьер контейнента, внутри которого в прошлом выполнялись манипуляции с ядерными материалами.

Сакле

Работы по выводу из эксплуатации в исследовательском центре СЕА в Сакле (см. раздел 3.1.5) проводятся на двух базовых ядерных установках и двух «установках, классифицируемых с позиций защиты окружающей среды» (ICPE*). Последние две установки раньше относились к категории базовых, однако их статус был изменен после проведения работ по их полному демонтажу и ввиду отсутствия доступных могильников для захоронения долгоживущих низкоактивных отходов. Также на площадке комплекса расположены еще три действующие базовые установки – ядерная деятельность прекращена лишь в некоторых помещениях, где проводятся подготовительные работы, предшествующие выводу из эксплуатации.

Полномасштабные работы по выводу из эксплуатации проводятся на двух объектах:

- Комплекс горячих лабораторий ЛНА, состоящий из трех зданий, в которых размещено несколько лабораторий с горячими камерами, где раньше осуществлялась исследовательская и производственная деятельность с использованием различных радионуклидов. Разрешение на проведение работ по выводу из эксплуатации было оформлено в 2008 году. Согласно его положениям, по окончании работ две лаборатории получают статус ICPE (лаборатория по химической и радиологической характеристике ЖРО и установка по кондиционированию и хранению РАО).
- Реактор ULYSSE был построен в 1961 году и использовался в научно-исследовательских целях и для обучения персонала АЭС. ULYSSE эксплуатировался с 1967 по 2007 год. Заявка на ликвидацию установки была направлена регулятору в 2009 году. В 2012 году были проведены общественные слушания, в ходе которых СЕА выдвинула предложение о том, чтобы нанять подрядчика, который бы выполнил весь комплекс работ по выводу из эксплуатации, что вызвало множество вопросов у представителей Локальной информационной комиссии (CLI) и широкой общественности. В результате в 2013 году регулятор запросил у СЕА дополнительную информацию о планах реализации работ по выводу из эксплуатации новой организацией. ASN до сих пор продолжает рассмотрение материалов данной заявки.

3.3.4. Программа по выводу из эксплуатации установок AREVA

В ведении компании AREVA находятся три крупные площадки, на которых осуществляются масштабные проекты по выводу из эксплуатации: перерабатывающий за-

* англ. Installation Classified on Environmental Protection Grounds

вод UP2-400, комплекс COMURHEX и завод по производству ядерного топлива SICN. О планах и уже реализованных работах по выводу из эксплуатации установок перерабатывающего завода UP2-400 было рассказано в разделе 3.3.1. Ниже представлены более подробные сведения по двум другим площадкам.

COMURHEX (Пьерелатт)

Начиная с 1961 года в комплексе COMURHEX осуществлялись операции по химической конверсии урана – фторирование тетрафторида урана с получением гексафторида урана. Завод состоит из нескольких установок, имеющих различный административный статус. Заявка на ликвидацию одной из крупнейших базовых установок комплекса BNI 105, где выполнялись операции по фторированию, была направлена на рассмотрение ASN в мае 2011 года. В скором времени регулятор отказался от рассмотрения данных материалов, сославшись на отсутствие состоятельной оценки воздействия разработанного проекта на окружающую среду. Новая заявка была направлена на рассмотрение регулятору в феврале 2014 года. К середине 2014 года ASN завершил процесс экспертизы заявки и выдал положительное заключение, санкционировавшее проведение дальнейших работ на площадке.

Завод SICN на площадке Вёре-Воруаз

Завод по производству ядерного топлива, оператором которого выступает SICN (Общество по производству ядерного топлива, входящее в состав AREVA), состоит из двух базовых установок (BNI 65 и 90). Операции по производству топлива на площадке были прекращены в начале 2000-х годов, а работы, предвещающие окончательный останов, были произведены в период с 2000 по 2005 гг. В феврале 2006 года оператор получил разрешение на ликвидацию установки. К 2011 году все работы, рассмотренные в заявке, были выполнены. Однако в ходе инспекции сотрудниками ASN были установлены повышенные уровни остаточного загрязнения многих сооружений и их конструктивных элементов, например, трубопроводов. В результате работы по очистке территории были завершены к концу 2012 года с полугодовым отставанием от графика. На данный момент уровни остаточного загрязнения почвы и грунтовых вод на площадке допускают ее дальнейшее использование в промышленных целях. ASN уже запросил у оператора заявку на прекращение действия ядерной лицензии с указанием мер осуществления ведомственного контроля за состоянием почвы и грунтовых вод.

3.3.5. Финансирование проектов по выводу из эксплуатации

В январе 2012 года Счетная палата Франции опубликовала доклад о расходах на ядерную энергетику в стране, включающих и будущие затраты на вывод из эксплуатации ядерных объектов (в том числе реакторов, научно-исследовательских учреждений и установок ядерного топливного цикла) и утилизацию радиоактивных отходов. В целом суммарные затраты оцениваются на уровне 79,4 млрд евро. Стоимость сноса объектов обойдется в 31,9 млрд евро, в том числе 18,4 млрд евро уйдет на демонтаж 58 действующих реакторов EDF. Стоимость утилизации отработанного топлива оценили в 14,8 млрд евро.

Что касается реакторных установок EDF первого поколения, то затраты на окончательный вывод из эксплуатации девяти реакторов могут составить около 4 млрд евро (табл. 3.7) [25].

Табл. 3.7. Ориентировочные затраты на вывод из эксплуатации 9 реакторов первого поколения, млн евро

Установки	Тип реактора	Срок завершения работ	Оценка 2003 года	Оценка 2006 года	Оценка 2008 года	
					В ценах 2008 г.	В ценах 2010 г.
Шинон А1	Уран-графитовый	2035	649,0	586,5	810,0	820,4
Шинон А2		2034				
Шинон А3		2031				
Сн. Лоран А1	Уран-графитовый	2036	733,0	614,8	803,0	813,3
Сн. Лоран А2		2031				
Хранилища		2025				
Буже 1	Уран-графитовый	2026	373,0	289,9	412,0	417,3
Бреннили	Тяжеловодный	2023	260,0	265,6	373,0	377,8
Шуз А	PWR	2019	224,0	216,5	220,0	222,9
Крей-Малвиль	Суперфеникс (БН)	2026	952,0	912,4	943,0	955,1
Всего			3 191,0	2 885,7	3 561,0	3 606,8
Всего (в ценах 2010 года)			3 598,4	3 074,6	3 606,8	-

Затраты на выполнение основных проектов по выводу из эксплуатации установок СЕА отражены в табл.3.8.

Табл. 3.8. Затраты на реализацию основных проектов по выводу из эксплуатации установок СЕА, млн евро по курсу 2010 года

Установка	Стоимость работ	Разбивка основных затрат
Маркуль	2 015,4	UP1 – 787,6 Реактор Phenix – 880,5
Кадараш	972	Завод по переработке ЖРО – 199,4 Реактор Rapsodie – 177,8
Сакле	480,2	-
Фонтене-о-Роз	306,3	Здание 18 – 230,9
Гренобль	53,1	
ВСЕГО	3 827	

Следует отметить, что при этом в расчет брались и затраты на долгосрочное обращение с отходами, образующимися в результате проведения работ. Всего на пять перечисленных выше площадок по стоимости работ приходится около 58 % суммарных затрат по ликвидации установок СЕА. Все рассмотренные установки полностью или частично остановлены, либо на них уже проводятся подготовительные или демонтажные работы [25].

Оценка затрат на ликвидацию основных установок СЕА приведена в табл. 3.9.

Табл. 3.9. Оценка затрат на ликвидацию некоторых установок СЕА, млн евро по курсу 2010 г.

Установка	Год ввода в эксплуатацию	Год закрытия	Планируемые сроки ликвидации	Затраты
Фонтене-о-Роз (проект Аладин)				
Здания 18/52 (плутониевая химическая лаборатория)	1954	2006	2021	230,9
Гренобль (проект «Пассаж»)				
LAMA	1961	2002	2012	62,2
Siloe	1963	1997	2014	87,8
Silhouette	1963	2002	2012	7,1
Melusin	1958	1994	2009	25,4
Кадараш				
Rapsodie	1967	1985	2049 (начало работ)	219,9
Завод по переработке ЖПО	1965	2013	2026	204,7
Маркуль				
PHENIX	1973	2009	Не известно	880,5

Список литературы к главе 3

1. Nuclear Wastelands: A Global Look to Nuclear Weapons Production and its Health and Environmental Effects by a special commission of International Physicians for the Prevention of Nuclear War and the Institute of Energy and Environmental Research, edited by Arjun Makhijani, Howard Hu and Ratherina Yih, 1995.
2. France's Nuclear Weapons, Origin of the Force de Frappe подготовлено по материалам сайта: <http://nuclearweaponarchive.org/France/FranceOrigin.html> , заглавие с экрана, яз. англ.
3. L'histoire de l'énergie nucléaire en France de 1895 à nos jours par Alain MALLEVRE, 2005.
4. ASN Report on the State of Nuclear Safety and Radiation Protection in France in 2013, the French Nuclear Safety Authority (ASN), 2014.
5. THE REPROCESSING PLANT OF THE FUTURE: A SINGLE EXTRACTION CYCLE, P. Bretault, P. Houdin, 2005.
6. Possible Toxic Effects from the Nuclear Reprocessing Plants at Sellafield (UK) and Cap de la Hague (France), Scientific and Technological Options Assessment, Luxembourg, November 2001
7. «Autorisation de rejets d'effluents radioactifs gazeux par les usines dénommées UP 2-800 et UP 3-A et par la station de traitement des effluents liquides et des déchets solides, dénommées STE 3 sur le site nucléaire de La Hague (Manche)», 27 février 1984.

8. «Autorisation de rejets d'effluents radioactifs liquides par les usines dénommées UP 2-800 et UP 3-A et par la station de traitement des effluents liquides et des déchets solides, dénommées STE3 sur le site nucléaire de La Hague (Manche)», 28 mars 1984.
9. NOUVELLES EN PROVENANCE DE LA COMMISSION SPECIALE ET PERMANENTE D'INFORMATION PRES L'ETABLISSEMENT DE LA HAGUE, Gazette Nucleaire, No 90/91, подготовлено по материалам сайта: http://gazettenucleaire.org/1988/90_91p08.html#suite14, режим доступа – свободный, заглавие: с экрана, язык: французский.
10. Liquid discharges from nuclear installations, OSPAR Commission, 2011.
11. Les stockages historiques sur site, Inventaire national des matières et déchets radioactifs, ANDRA, <http://inventaire.andra.fr/les-matieres-et-dechets-radioactifs/dechets-ayant-fait-lobjet-de-mode-de-gestion-historique/2-les> режим доступа: свободный, заглавие: с экрана, язык: французский.
12. TSN Act (Transparency and Security in the Nuclear Field) of June 13, 2006.
13. Radioactive Waste Management and Decommissioning in France, Andra – ASN – CEA – IRSN, March 2013.
14. Nuclear disarmament: France's concrete commitment Dismantling the fissile material production facilities for nuclear weapons, 2008.
15. French Atomic Energy Commission Decommissioning Programme and Feedback Experience, Ph.Guiberteau, JG. Nokhamzon, WM2012 Conference, February 26 – March 1, 2012, Phoenix, AZ.
16. Usine militaire de Pierrelatte, подготовлено по материалам сайта: http://fr.wikipedia.org/wiki/Usine_militaire_de_Pierrelatte режим доступа: свободный, заглавие: с экрана, язык: французский.
17. Marcoule : dismantling the G1, G2 and G3 reactors, brochure CEA, 2009.
18. Operational Decommissioning Experience in France Radioactive Waste Management and Radiation Protection Issues, L. Vaillant, ISPRA, Italy, 11th September 2014.
19. First Generation Decommissioning Programme, EDF, 2014.
20. „Aladin”: la reconversion de Fontenay-aux-Roses, CEA, mars 2006.
21. Rapport transparence et sécurité nucléaire, Centre CEA de Fontenay-aux-Roses, 2013.
22. LE DÉMANTÈLEMENT DES INSTALLATIONS NUCLÉAIRES DU CENTRE CEA DE GRENOBLE DOSSIER DE PRESSE 2013, „Aladin”: la reconversion de Fontenay-aux-Roses, CEA, mars 2006.
23. De L'Assainissement-Demantelement des Anciennes Installations Nucleaires au Ple de Valorisation des Sites Industriels, Dossier de Presse, CEA, Avril 2015.
24. The Dismantling of Nuclear Facilities, CEA News #23, winter 2012.
25. Nuclear Decommissioning: Management of Costs and Risks, European Parliament, Directorate General for Internal Policies, Policy Department D: Budgetary Affairs, 2013.
26. The Costs of Nuclear Power Sector, Thematic Public Report, Cour des Comptes, January 2012.

Глава 4. Ядерное наследие Канады

Чок Ривер
Уайтшелл
Порт Хоуп



§ 4.1. Формирование ядерного комплекса Канады

В отличие от рассмотренных выше стран, ядерный комплекс Канады формировался за счет создания ядерных исследовательских лабораторий, строительства АЭС, добычи урановой руды и ее переработки.

В Канаде развитие ядерных технологий базировалось на создании научно-исследовательских лабораторий с прототипами энергетических реакторных установок, разработка которых позволила этой стране стать одним из ведущих мировых лидеров в атомно-энергетической области. Причем Канада занималась разработкой собственных проектов реакторов, уникальных по своим конструкционным особенностям. Разработка проекта энергетических реакторов для АЭС типа CANDU и строительство на его основе 18 энергоблоков сегодня обеспечивает 15% вклад атомной энергетики в производство электроэнергии внутри страны.

Канада успешно экспортирует реакторы типа CANDU и в другие страны мира: на данный момент за рубежом действует 31 реактор типа CANDU.

Канада обладает крупными месторождениями урановой руды. С объемом добычи урана порядка 30% от мирового уровня эта страна является крупнейшим производителем урана. Вместе с тем разработка этих месторождений и переработка урановой руды для получения урана внесла значительный вклад в формирование ядерного наследия Канады.

4.1.1. История развития ядерного комплекса Канады

Исследовательские реакторы

Ядерные исследования в Канаде проводились с 1944 года. К 1947 году в Чок Ривер был запущен первый Национальный исследовательский экспериментальный реактор (NRX) тепловой мощностью 40 МВт с тяжеловодным замедлителем, представлявший собой прототип энергетических реакторов типа CANDU.

В 1952 году правительством Канады было учреждено Акционерное общество по атомной энергии (AECL), миссия которого состояла в проведении научных исследований и разработок в области мирного использования атомной энергии.

В 1957 году в Чок Ривер был запущен реактор NRU (Национальный универсальный исследовательский реактор) – тяжеловодный реактор на тепловых нейтронах мощностью 135 МВт (тепл.), до сих пор являющийся крупнейшей в мире установкой по производству изотопа ^{99}Mo , также использующийся для наработки ^{125}I , ^{60}Co и ^{14}C . Его окончательный останов намечен на март 2018 года.

Разработка технологии CANDU (CANada Deuterium Uranium – Канадский тяжеловодный водо-водяной урановый реактор) началась в 1950-х. В реакторах этого типа тяжелая вода играет роль замедлителя. Кроме того, она же обеспечивает охлаждение под давлением горизонтальных труб, в которых находятся топливные элементы. При этом тяжелая вода, являясь одним из наиболее эффективных замедлителей нейтронов, позволяет использовать в качестве топлива природный уран. Ещё одна отличительная черта реакторов CANDU – перегрузка на ходу, благодаря чему реактор может работать значительно дольше без останова на планово-предупредительные ремонты.

Прототип первого в мире реактора CANDU мощностью 22 МВт был запущен в 1962 году на АЭС Ролфтон в провинции Онтарио. Второй прототипный реактор был введен в эксплуатацию пятью годами позже на АЭС Дуглас Поинт (провинция Онтарио). Его мощность составила 200 МВт.

Реакторы АЭС Канады

Канада – один из мировых лидеров в области производства атомной энергии – здесь на атомных станциях вырабатывается около 15 % всей энергии. Первым энергетическим реактором типа CANDU стал первый блок АЭС Пикеринг (Онтарио), запущенный в 1971 году. Следует отметить, что из восемнадцати энергетических реакторных установок, эксплуатируемых в Канаде, шестнадцать расположены в провинции Онтарио, где на АЭС вырабатывается рекордное количество электроэнергии – 62 %.

Реакторы типа CANDU успешно экспортируются в другие страны. На данный момент за пределами Канады действует 31 реактор типа CANDU. 12 реакторных блоков было построено за границей канадской компанией «Candu Energy»: один в Пакистане, два в Китае, четыре в Южной Корее, один в Аргентине, два в Румынии и два в Индии. Особенностью канадских реакторов CANDU является снижение затрат на топливо благодаря использованию природного урана. Еще одна отличительная черта таких реакторов – возможность выработки изотопов ^{60}Co для медицинских нужд.

На рис. 4.1 приведены места расположения АЭС с реакторами CANDU как в самой Канаде, так и за ее пределами.

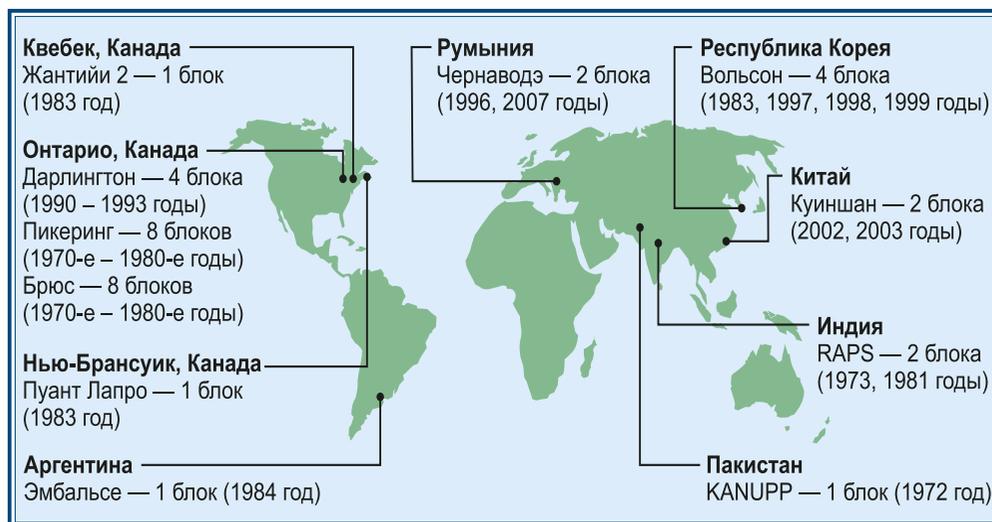


Рис. 4.1. Энергетические реакторы CANDU в мире

Добыча и переработка урана

Канада с объемом добычи урана порядка 30 % от мирового уровня является крупнейшим производителем урана в мире.

Первый урановый рудник в Канаде был открыт в 1933 году – он располагался на Северо-Западных территориях в местечке Порт Радий. Полученный концентрат,

содержащий уран, транспортировали в Порт Хоуп на установки по экстракции урана. Позже концентрат урана, добытый в Порт Радий, стали экспортировать в Великобританию и США, где были развернуты собственные программы по разработке ядерного оружия.

Наибольшие объемы производства урана пришлось на 1959 год – около 12200 тонн. К этому моменту в Канаде действовало 23 рудника и 19 перерабатывающих заводов, обеспечивающих государству более 330 млн долларов прибыли за счет экспорта урана.

Ядерное наследие и его ликвидация

Развитие ядерных технологий неизбежно привело к радиоактивному загрязнению окружающей среды, а в последующем и потребовало разработки комплекса мер по ликвидации последствий этого загрязнения. Комплекс проблем, возникших в ходе осуществления программ научных исследований и разработок, проводимых в оборонных и мирных целях Национальным комитетом по исследованиям (National Research Council) в период с 1944 по 1952 год и в дальнейшем AECL (с 1952 года по настоящее время), принято обозначать термином «ядерное наследие» Канады.

Большая часть работ по выводу из эксплуатации реализуется в рамках так называемой Программы ответственности за ядерное наследие («Nuclear legacy liabilities program» или NLLP), инициированной в 2006 году и охватывающей ядерные установки, которые в течение более чем 60 лет эксплуатировались в рамках НИОКР Национальным научно-исследовательским советом Канады и AECL [1]

Свыше 50 % объектов наследия подверглось загрязнению в период холодной войны с конца 1940-х по начало 1960-х годов. Остальная часть объектов – результат научной и исследовательской деятельности AECL по разработке реакторных технологий, производству изотопов медицинского назначения и осуществлению различных национальных научно-исследовательских программ.

Кроме того, к категории ядерного наследия относят и ОЯТ, произведенное в 1950–1960-е годы в ходе реализации национальной программы по развитию ядерных технологий.

Необходимо отметить, что предприятия по добыче и переработке урановой руды, согласно положениям канадского законодательства, не могут быть отнесены к категории объектов ядерного наследия, хотя мероприятия по реабилитации территорий, занятых этими предприятиями, активно осуществляются.

К настоящему времени вопросы ликвидации ядерного наследия приобретают важное значение с точки зрения обеспечения радиационной безопасности населения и окружающей среды. Процесс ликвидации ядерных объектов включает в себя остановку ядерных установок, вывод их из эксплуатации и рекультивацию территорий их расположения и прилегающей местности.

AECL несет ответственность за реализацию таких мер, осуществляемых в рамках указанной выше Программы ответственности за ядерное наследие («Nuclear legacy liabilities program» или NLLP).

4.1.2. Чок Ривер

На площадке Чок Ривер (рис. 4.2) площадью около 4000 га, находящейся в ведении АЕСЛ, располагается множество зданий и сооружений, некоторые из которых сохранились с момента открытия самой лаборатории в 1944 году.

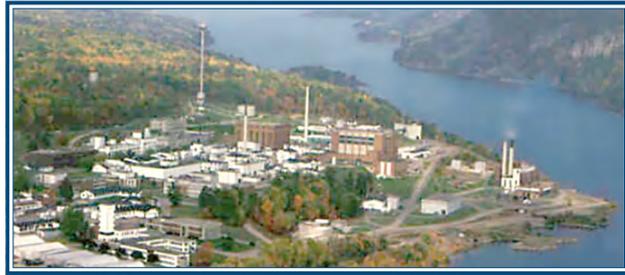


Рис. 4.2. Площадка Чок Ривер

Национальный исследовательский экспериментальный реактор NRX

Первой ядерной установкой, сооруженной на территории комплекса Чок Ривер, стал Национальный исследовательский экспериментальный реактор NRX тепловой мощностью 40 МВт. Реактор NRX, введенный в эксплуатацию в 1947 году, стал первым в истории Канады крупномасштабным исследовательским реактором, сыгравшим огромную роль в разработке реакторных технологий CANDU. NRX использовался для испытания различных видов топлива и материалов, а также проведения исследований в области ядерной физики в рамках национальной атомноэнергетической программы Канады [2].

Реактор представлял собой систему, работающую на природном уране с тяжеловодным замедлителем, являвшуюся прототипом энергетических реакторов типа CANDU, но в отличие от последних имевшую вертикальный цилиндрический корпус из алюминия. Для охлаждения топлива использовалась легкая вода, протекающая по кольцевому зазору между топливным стержнем и трубой высокого давления. Активная зона содержала 192 стержневых ТВЭЛ из металлического урана с обогащением 0,7% и оболочками из алюминия.

Отработав около 250000 часов, NRX был окончательно остановлен 29 января 1992 года.

Испытательный реактор бассейнового типа

PTR* – испытательный реактор бассейнового типа, в котором топливные элементы были подвешены в бассейне с водой, служившей одновременно и отражателем, и замедлителем и теплоносителем. PTR, обладавший малой мощностью (менее 100 Вт), использовался для нейтронно-активационного анализа, а также в качестве учебного реактора. Установка была введена в эксплуатацию в 1957 году и окончательно остановлена в 1990 году. PTR состоял из бассейна площадью около 4,5 м² и глубиной 6 м, содержащего около 125000 литров воды.

Лаборатория по регенерации плутония

В лаборатории по генерации плутония, построенной в 1947 году, в период с 1949 по 1957 год осуществлялась экстракция плутония из обогащенного топлива, используемого в исследовательских реакторах. Общая площадь здания составляет порядка 500 м².

* англ. Pool Test Reactor.

После закрытия большая часть технологического оборудования была дезактивирована и демонтирована.

Башня установки по экстракции плутония

Башня высотой 19,2 м (площадь 28 м²) использовалась в конце 1940-х гг. для экстракции плутония из топливных стержней, облученных в реакторе NRX. Окончательное закрытие объекта состоялось в 1954 году, после чего все технологическое оборудование было демонтировано и проведена первичная дезактивация помещений.

Выпарная установка для очистки сточных вод

Выпарная установка (площадь здания – 130 м²) использовалась с 1952 по 1958 год для обработки и очистки жидких радиоактивных отходов, образующихся при переработке ОЯТ с реактора NRX. Затем с 1958 по 1967 год здесь было произведено концентрирование 450 м³ отходов, оставшихся от прошлой деятельности по переработке ОЯТ. В 1971 году установка была окончательно закрыта.

Установка по обогащению тяжелой воды (HWUP)

Установка HWUP состояла из нескольких электролитических камер для обогащения тяжелой воды, используемой в прототипном реакторе NPD и реакторах АЭС Дуглас Поинт.

Подземные конструкции для ОЯТ

Хранение ОЯТ, произведенного в 1950–1960-е годы в ходе реализации национальной программы по развитию ядерных технологий, на территории Чок Ривер осуществляется в специальных подземных конструкциях.*

В зоне «Б», открытой в 1953 году, находится 5 площадок, на которых размещено около 100 скважин глубиной 3,3–3,4 м, содержащих длинные топливные стержни, относящиеся к периоду 1950–1960-х гг.

Всего реестр ОЯТ ядерного наследия включает около 700 стержней общим весом около 22 тонн – в основном это металлический уран и диоксид урана в алюминиевой оболочке. Небольшая доля реестра приходится на стержни, изготовленные из металлического тория, сплавов урана и циркония, оксида урана и тория, карбида урана и сплава урана и алюминия. Инженерные барьеры безопасности скважин обеспечивают полную изоляцию и удержание размещенных в них радиоактивных веществ, о чем свидетельствуют результаты мониторинга грунтовых вод. Несмотря на отсутствие факта выброса радиоактивности в окружающую среду, имеются данные о развитии процессов деградации в некоторых скважинах хранилища, относящихся к раннему периоду. Эти процессы, прежде всего, обусловлены попаданием влаги в систему хранения. Всего было выявлено три источника попадания влаги в систему хранения [3]:

- неполное удаление воды при перегрузке контейнеров с ОЯТ из бассейнов выдержки в скважины;
- проникновение воды в скважины сквозь негерметичные фланцевые прокладки;

* англ. tile holes.

- проникновение воды в установки под действием естественного перепада атмосферного давления при охлаждении поверхности земли.

При этом некоторые виды топлива, в особенности металлический уран, склонны к развитию процессов коррозии под действием повышенной влажности. Результаты выполненных проверок на ряде старых скважин показали, что таким процессам подвержены как некоторые контейнеры с ОЯТ, так и само топливо. Поэтому, несмотря на то, что пока требования по обеспечению безопасного хранения топлива соблюдены, в будущем усугубление процессов коррозии может отразиться как на стоимости работ по извлечению ОЯТ, так и на повышении уровня опасности при выполнении соответствующих работ по обращению с топливом и выводу из эксплуатации данных сооружений.

Хранилища РАО

На территории Чок Ривер находятся пять площадок с подземными резервуарными хранилищами, содержащими жидкие САО и НАО общим объемом около 300 м³, часть которых была произведена еще в 1950-е годы. Всего таких резервуаров 21. Из них большая часть находится в достаточно плачевном состоянии и вызывает опасения с точки зрения обеспечения безопасности окружающей среды и человека.

Здесь же расположен центр по переработке РАО, куда направляют все влажные твердые и жидкие радиоактивно загрязненные отходы, произведенные на территории Чок Ривер. Кроме того, центр осуществляет переработку небольших объемов ЖРО, передаваемых оператором Чок Ривер другими производителями отходов.

Участки загрязненных территорий и сточных вод

Одна из систем очистки грунтовых вод Чок Ривер действует в зоне «А», где с 1946 года осуществлялось захоронение РАО. Жидкие и твердые радиоактивные отходы без предварительной переработки изолировали в песчаных траншеях. Точного реестра захораниваемых РАО не велось до 1952 года. Известно только, что до 1952 года объемы захороненных отходов были незначительными.

Большие объемы ТРО и ЖРО образовались при аварии на реакторе NRX. Тогда потребовалось осуществить оперативное обращение с ними. В результате около 4500 м³ жидких РАО суммарной активностью порядка $33 \cdot 10^{13}$ Бк было изолировано в траншеях зоны А. В последующие годы было захоронено еще две партии отходов, содержащих смешанные продукты деления (6,3 ТБк в 1954 году и 34 ТБк в 1955 году).

Пункты захоронения РАО стали источником распространения радиоактивного загрязнения. Исследования показали, что отходы захоронены выше горизонта грунтовых вод. Тем не менее процессы инфильтрации привели к миграции загрязняющих веществ в грунтовые воды, и на сегодняшний день ареал загрязнения в зоне «А» распространился на площадь в 38000 м². По данным мониторинга грунтовых вод суммарная активность бета излучателей колеблется в пределах от 10 до 7740 Бк/л, альфа излучателей – от 0,13 до 2,5 Бк/л, а ⁹⁰Sr – от 5 до 3800 Бк/л.

В зоне обращения с отходами «Б» (Waste Management Area B) загрязнение обусловлено присутствием органических соединений и ⁹⁰Sr. Эта зона, расположенная в 750 м к западу от зоны «А», была открыта для захоронения РАО в 1953 году (рис. 4.3).



Рис. 4.3. Зона обращения с отходами «Б» на территории Чок Ривер

В первые годы эксплуатации здесь изолировали НАО с использованием той же технологии, что и в зоне «А» – размещение в необлицованных траншеях с последующей засыпкой слоем песка. С 1955 по 1959 гг. в зоне «Б» стали захоранивать твердые САО в траншеях с облицовкой и верхним покрытием из асфальта. С 1963 года от этой практики полностью отказались, и отходы стали захоранивать в бетонных бункерах, сооружаемых выше уровня грунтовых вод. Вначале такие бункеры имели прямоугольную форму, а с 1979 года им на смену пришли цилиндрические конструкции, используемые и по сей день. Такие цилиндрические бункеры сложены стенами из гофрированного железобетона, формируемыми с помощью съемных металлических форм, и бетонного пола-основания.

Максимальная вместимость одного такого бункера составляет 100 м^3 , однако обычно объем захораниваемых таким способом отходов не превышает 60 м^3 . Кроме того, в зоне «Б» расположены хранилища ОЯТ и ВАО. Основным источником загрязнения грунтовых вод в зоне «Б» являются РАО, захороненные в необлицованных траншеях. Первый ареал загрязнения распространяется от траншейного пункта захоронения, расположенного на севере зоны. Этот ареал, содержащий преимущественно органические загрязняющие вещества (например, 1-1-1-трихлорэтан, хлороформ, трихлорэтилен), перемещается в восточном направлении. На площадке ведется постоянный мониторинг ареала загрязнения, данные которого свидетельствуют о стабилизации условий – уровень загрязнения грунтовых вод в границах зоны с течением времени остается неизменным.

На северо-восточной окраине зоны «Б» (необлицованные песчаные траншеи) расположен еще один источник загрязнения грунтовых вод – в основном ^{90}Sr . Результаты мониторинга на этом участке свидетельствуют об улучшении ситуации и постепенном снижении уровня загрязнения грунтовых вод. В первую очередь снижения уровня загрязнения удалось добиться благодаря использованию системы очистки грунтовых вод (Spring B Treatment Plant).

Помимо зоны «Б» новая система очистки появится и на участке, куда в прошлом производили сброс жидких отходов. В 1953 году было создано несколько инфильтрационных котлованов, в которые выполнялся сброс радиоактивно загрязненных жидких отходов, закачиваемых по трубопроводу из бассейнов выдержки ОЯТ реактора NRX.

Котлованы расположены в небольшой дюне, с востока и юга окруженной заболоченными участками, а с запада – зоной «А».

Котлован № 1, использовавшийся для сброса радиоактивных водных растворов, представлял собой замкнутую котловину естественного происхождения. Сюда с 1953 по 1956 год был произведен сброс ЖРО с суммарной активностью ^{90}Sr порядка 74 ТБк, а также других продуктов деления и около 100 г плутония. В период с 1956 по 1998 гг. в котловане были захоронены ТРО, в том числе загрязненное оборудование и транспортные средства, из хранилищ зоны «А», а также некоторые объемы загрязненного грунта.

Котлован № 2 был открыт в 1956 году и также использовался для слива воды из бассейна выдержки ОЯТ реактора NRX. В том же году был открыт котлован для сброса химических отходов, куда сливали радиоактивные водные растворы, поступающие из горячих лабораторий. Его конструкция аналогична конструкции котлована № 1 – открытая выработка, засыпанная гравием с трубопроводом для подачи ЖРО.

Отдельный котлован, также открытый в 1956 году, использовался для слива воды из прачечных горячих лабораторий и центра дезактивации. Он принимал отходы всего в течение одного года – около 100 ГБк смешанных продуктов деления.

Все операции по сбросу ЖРО в этой зоне были прекращены в 2000 году. Использовать эти территории в дальнейшем не планируется. На данный момент два ареала обуславливают загрязнение грунтовых вод в данной области.

Источником первого являются котлованы № 1 и № 2. По большей части загрязнение обусловлено тритием, другие радиоактивные вещества присутствуют лишь в небольших концентрациях. Результаты текущего мониторинга грунтовых вод свидетельствуют о значительном снижении содержания трития после прекращения операций по сбросу ЖРО.

Второй источник загрязнения – котлован для сброса химических отходов. Загрязнение в основном обусловлено ^{90}Sr . Однако в последнее время отмечается значительное снижение его концентраций в грунтовых водах благодаря работе системы очистки.

В начале 1950-х годов на территории Чок Ривер действовала опытная установка, предназначенная для проведения операций по уменьшению объемов и разложению раствора нитрата аммония, содержащего смесь продуктов деления. Некоторые объемы таких растворов были сброшены в колодцы, облицованные известковым щебнем. На сегодняшний день содержание ^{90}Sr в грунтовых водах на этом участке колеблется от 0,1 до 100 Бк/л.

4.1.3. Уайтшелл

Лаборатория Уайтшелл, расположенная на восточном берегу реки Виннипег в 100 км к северо-востоку от административного центра провинции Манитоба, в начале 1960-х гг. стала одним из эпицентров научно-исследовательской деятельности в области разработки атомно-энергетических технологий. Вплоть до середины 1990-х здесь на территории в 4 400 га действовал целый комплекс ядерных установок, в том числе исследовательский реактор Уайтшелл (WR-1), ускоритель Ван-де-Граафа, горячие лаборатории и экранированные исследовательские установки (изучение свойств ВАО, образующихся при переработке ОЯТ, различных ядерных материалов и т. п.), а также ряд установок по обращению с жидкими и твердыми радиоактивными отходами, в том

числе бетонное контейнерное хранилище, куда на сухое хранение поступало ОЯТ с исследовательского реактора [2].

Всего с 1960-х годов в Уайтшелле было реализовано 5 крупных научно-исследовательских проектов [4]:

- проект по изучению реакторных технологий с органическим теплоносителем (реактор WR-1, горячие камеры и радиохимические лаборатории);
- канадская программа по изучению вопросов обращения с РАО, образующимися в результате переработки ОЯТ;
- исследования в области биофизики, защиты окружающей среды и здоровья человека;
- НИОКР в области реакторных технологий CANDU (вопросы реакторной безопасности, химия и материаловедение);
- разработка технологий для реализации проекта создания малых реакторов.

В 1997 году AECL приняло решение о прекращении исследовательской деятельности в Уайтшелл, получившее одобрение правительства Канады в 1998 году. С 1996 по 2002 гг. проекты в области химии, материаловедения и реакторной безопасности были передислоцированы в Чок Ривер.

4.1.4. Реакторы-прототипы

К реакторам-прототипам отнесены реакторы Жантйи-1, Дуглас Поинт и NPD. Их некоторые характеристики приведены в табл.4.1.

Табл. 4.1. Остановленные реакторные блоки в Канаде

Реактор	МВт	Оператор	Подключение к сети	Текущий статус
АЭС Жантйи, Квебек				
Жантйи 1 (прототип реактора Candu-BLW)	250	Гидро Квебек	1972	Окончательно остановлен в 1978 г.
АЭС Дуглас Поинт, Онтарио				
Дуглас Поинт (прототип CANDU PHWR)	206	Онтарио Пауэр Дженерейшн	1968	Окончательно остановлен в 1984 г.
АЭС Ролфтон				
NPD (прототип CANDU PHWR)	22	Онтарио Пауэр Дженерейшн	1962	Окончательно остановлен в 1967 г.

Все три энергетических реактора-прототипа (NPD, Дуглас Поинт и Жантйи-1), находящиеся в собственности Акционерного общества по атомной энергии Канады (AECL), частично выведены из эксплуатации и законсервированы.

Реактор Жантйи-1 (блок CANDU-BWR мощностью 250 МВт(эл)) был введен в эксплуатацию в мае 1972 года. В 1979 году реактор был закрыт на плановый ремонт. Однако канадский регулятор потребовал от оператора провести серьезную модернизацию реакторной установки и привести ее в соответствие с современными требованиями безопасности. В течение следующих трех лет реактор находился в состоянии консер-

вазии, пока в 1984 году не было принято решение о его окончательном закрытии по экономическим соображениям. Тяжеловодный теплоноситель был слит и направлен на переработку.

Реактор-прототип CANDU Дуглас Поинт мощностью 200 МВт и реактор NPD (CANDU-PWR мощностью 20 МВт) были окончательно остановлены в 1984 и 1987 годах соответственно.

4.1.5. Энергетические реакторы

На данный момент в Канаде в эксплуатации находятся 19 энергетических реакторных установок (18 в провинции Онтарио и 1 – в Нью Брансуике), производящих в общей сложности порядка 13,9 ГВт энергии, а в ближайшей перспективе намечено строительство еще двух блоков АЭС в провинции Онтарио. Три энергетических реактора-прототипа (NPD, Дуглас Поинт и Жантийи-1), находящиеся в собственности Акционерного общества по атомной энергии Канады (AECL), частично выведены из эксплуатации и законсервированы [5, 6] (табл. 4.2).

Табл. 4.2. Действующие и остановленные реакторные блоки в Канаде

Реактор	МВт	Оператор	Подключение к сети	Текущий статус
АЭС Пикеринг (8), Онтарио				
Пикеринг А1	515	Онтарио Пауэр Дженерейшн	1971/2005	В эксплуатации, окончательный останов намечен на 2022 г.
Пикеринг А2	515	Онтарио Пауэр Дженерейшн	1971	Окончательно закрыт в 2005 г., проведены работы по консервации
Пикеринг А3	515	Онтарио Пауэр Дженерейшн	1972	Окончательно закрыт в 2005 г., проведены работы по консервации
Пикеринг А4	515	Онтарио Пауэр Дженерейшн	1972/2005	В эксплуатации, окончательный останов намечен на 2020 г.
Пикеринг В5	516	Онтарио Пауэр Дженерейшн	1982	В эксплуатации, окончательный останов намечен на 2020 г.
Пикеринг В6	516	Онтарио Пауэр Дженерейшн	1983	В эксплуатации, окончательный останов намечен на 2020 г.
Пикеринг В7	516	Онтарио Пауэр Дженерейшн	1984	В эксплуатации, окончательный останов намечен на 2020 г.
Пикеринг В8	516	Онтарио Пауэр Дженерейшн	1986	В эксплуатации, окончательный останов намечен на 2020 г.
АЭС Брюс (8), Онтарио				
Брюс А1	750	Брюс Пауэр	1977/2012	В эксплуатации, окончательный останов намечен на 2035 г.
Брюс А2	750	Брюс Пауэр	1976/2012	В эксплуатации, окончательный останов намечен на 2035 г.
Брюс А3	750	Брюс Пауэр	1977/2004	В эксплуатации, окончательный останов намечен на 2036 г.
Брюс А4	750	Брюс Пауэр	1978/2003	В эксплуатации, окончательный останов намечен на 2036 г.
Брюс В5	825	Брюс Пауэр	1984	В эксплуатации
Брюс В6	825	Брюс Пауэр	1984	В эксплуатации

Реактор	МВт	Оператор	Подключе- ние к сети	Текущий статус
Брюс В7	825	Брюс Пауэр	1986	В эксплуатации
Брюс В8	825	Брюс Пауэр	1987	В эксплуатации
АЭС Дуглас Поинт, Онтарио				
Дуглас Поинт (прото- тип CANDU PHWR)	206	Онтарио Пауэр Дженерейшн	1968	Окончательно остановлен в 1984 г.
АЭС Дарлингтон (4), Онтарио				
Дарлингтон 1	881	Онтарио Пауэр Дженерейшн	1990	В эксплуатации, окончательный останов намечен на 2020 г.
Дарлингтон 2	881	Онтарио Пауэр Дженерейшн	1990	В эксплуатации, окончательный останов намечен на 2020 г.
Дарлингтон 3	881	Онтарио Пауэр Дженерейшн	1992	В эксплуатации, окончательный останов намечен на 2022 г.
Дарлингтон 4	881	Онтарио Пауэр Дженерейшн	1993	В эксплуатации, окончательный останов намечен на 2023 год
АЭС Пуан Лепро, Нью-Брансуик				
Пуан-Лепро 1	635	Нью-Брансуик Пауэр	1982/2012	В эксплуатации, окончательный останов намечен на 2037 год
АЭС Жантйи, Квебек				
Жантйи 1 (прототип реактора Candu-BLW)	250	Гидро Квебек	1972	Окончательно остановлен в 1978 г.
Жантйи 2	635	Гидро Квебек	1983	Окончательно остановлен в 2012 г.
АЭС Ролфтон				
NPD (прототип CANDU PHWR)	22	Онтарио Пауэр Дженерейшн	1962	Окончательно остановлен в 1967 г.

Всего в эксплуатации 19 блоков, 7 блоков закрыто, включая демонстрационные реакторы и реакторы-прототипы. Общая мощность – 13 553 МВт

Стоит отметить одну важную особенность развития атомной энергетики Канады – практически все запущенные в этой стране реакторы были построены по собственным технологиям (CANDU).

4.1.6. Хвосты предприятий по добыче и переработке урана

Помимо объектов «ядерного наследия» и исторических низкоактивных отходов можно выделить еще одну категорию объектов, имеющих отношение к радиоактивному загрязнению и ущербу, причиненному в ходе прошлой деятельности, – это хвосты предприятий по добыче и переработке урана. Следует отметить, что подобная деятельность, прежде всего связана с образованием трех видов отходов: отвалов горной породы, хвостов от переработки и загрязненной воды. В рамках канадской системы классификации РАО такие отходы выделены в отдельную категорию.

Первый урановый рудник в Канаде был открыт в 1933 году – он располагался на Северо-Западных территориях в местечке Порт Радий и принадлежал частной компании Эльдорадо Голд Майнз. Из Порт Радий концентрат, содержащий уран, транспортировали в Порт Хоуп на установки по экстракции радия, так как на тот момент промышленное производство урана еще не велось. Ситуация изменилась в начале 1940-х годов:

концентрат урана, добытый в Порт Радий, стали экспортировать в Великобританию и США – страны, развернувшие собственные программы по разработке ядерного оружия.

В 1943 году Канада, Великобритания и США ввели запрет на разведку и освоение месторождений радиоактивных руд частными компаниями. Между тем, компания Эльдорадо Голд Майнз трансформировалась в федеральную корпорацию Краун, получившую государственную монополию на добычу и переработку радиоактивных материалов, действовавшую вплоть до 1948 года, пока правительство не сняло запрет на работу частных компаний в этой области.

50-е годы прошлого века были ознаменованы стремительным ростом числа урановых рудников: два крупных месторождения были открыты в провинции Саскачеван (Гуннар и Лорадо), еще 15 – в провинции Онтарио [7, 8].

Наибольшие объемы производства урана пришлось на 1959 год – около 12200 т. К этому моменту в Канаде действовало 23 рудника и 19 перерабатывающих заводов, обеспечивающих государству более 330 млн долларов прибыли за счет экспорта урана. Вскоре потребность в уране стала неуклонно снижаться, и к 1966 году объемы его добычи упали до 3 000 тонн/год. Оживить отрасль удалось лишь с запуском АЭС.

В 1968, 1969 и 1975 гг. были разведаны новые достаточно крупные месторождения Рэббит Лейк, Клафф Лейк и Ки Лейк в Саскачеване. На сегодняшний день все действующие месторождения находятся в провинции Саскачеван (рис. 4.4). Кроме того,

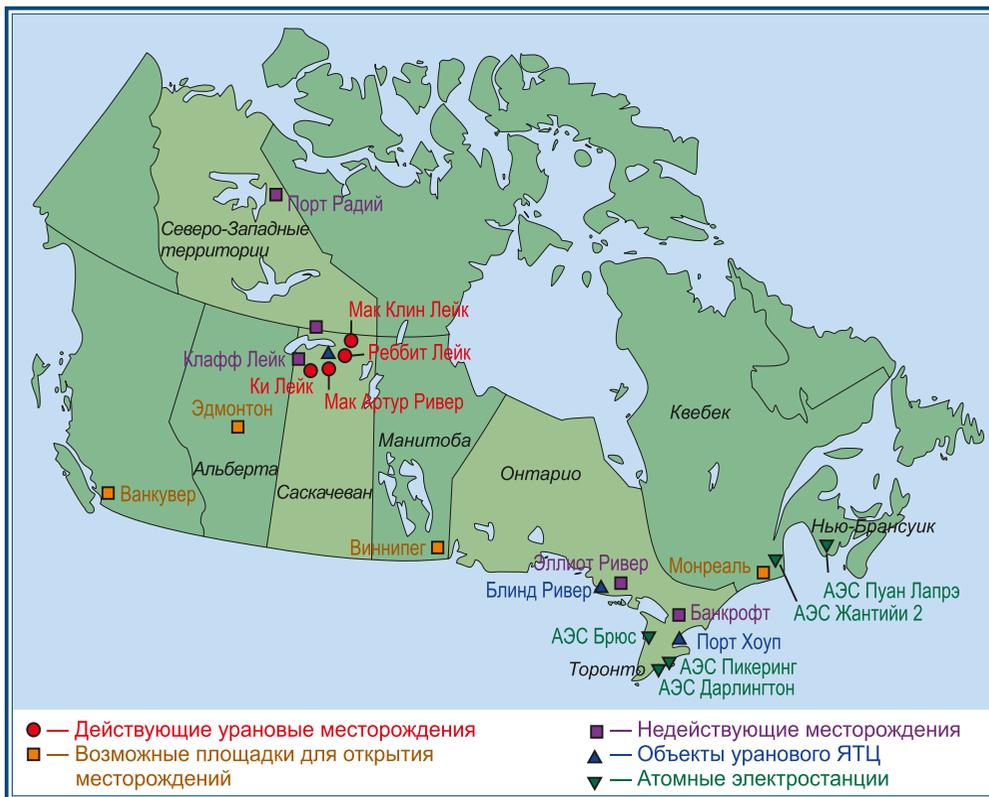


Рис. 4.4. Действующие и недействующие месторождения урана в Канаде

имеется 20 недействующих месторождений: 14 в провинции Онтарио, 4 в Саскачеване и еще 2 на Северо-Западных территориях.

В 1995 году регулирующим органом было утверждено новое требование, согласно которому все действующие месторождения должны иметь утвержденный предварительный план работ по выводу из эксплуатации таких объектов, а также представить гарантии наличия необходимых объемов финансовых средств для выполнения своих обязательств. Ответственность за осуществление вывода из эксплуатации месторождений, закрытых до момента вступления данного требования в силу, была возложена на федеральные власти и власти провинций.

На месторождения, действовавшие в Онтарио в период с 1955 по 1996 год, приходится более 80 % отходов урановых хвостохранилищ Канады. До 1977 года, согласно законодательным нормам, регулирующим деятельность по добыче урана, основная ответственность в этой области была возложена на власти провинций. В 1996 году между правительством Канады и властями провинции Онтарио было заключено Соглашение о выводе из эксплуатации и долгосрочном содержании урановых хвостов предприятий.

Согласно его положениям, в случае, если текущий собственник месторождения не в состоянии покрыть расходы, связанные с выводом из эксплуатации принадлежащего ему месторождения, то соответствующие затраты будут разделены поровну между правительством Канады и властями провинции Онтарио.

В провинции Саскачеван расположены два крупнейших закрытых месторождения Гуннар и Лорадо, а также множество небольших урановых рудников, поставлявших уран союзникам Канады в период холодной войны. На этапе активной эксплуатации этих месторождений в 1950–1960-е годы на них распространялись требования местного законодательства. В те времена требования были менее жесткими, и конечное состояние площадок, полученное после завершения всех работ по выводу из эксплуатации в то время, не соответствует современным нормам безопасности и защиты окружающей среды.

§ 4.2. Нормативно-правовое регулирование в области вывода из эксплуатации

Согласно закону «О ядерной безопасности и контроле», содержащему основные положения, регулирующие порядок вывода из эксплуатации ядерных установок в Канаде, операторы несут ответственность за разработку планов по выводу из эксплуатации собственных установок. Они самостоятельно определяют сроки начала и окончания работ, а также конечное состояние площадки после завершения всех мероприятий. План вывода из эксплуатации направляется на рассмотрение регулирующему органу CNSC (Комиссия по ядерной безопасности Канады), который может либо принять выдвинутые оператором предложения либо потребовать внесения изменений. В зависимости от содержания плана, предлагаемого оператором, а также сопроводительных материалов всеобъемлющего обоснования безопасности CNSC может выдать разрешение на проведение работ в соответствии с одной из стратегий вывода из эксплуатации: немедленный демонтаж, отложенный демонтаж, сохранение под наблюдением [9].

Решение относительно варианта конечного состояния принимается в зависимости от особенностей конкретной площадки. Для некоторых площадок, в частности, для большинства урановых рудников и площадок ряда установок по обращению с радиоак-

тивными отходами устанавливается требование к проведению бессрочного ведомственного контроля. Таким образом, эти площадки никогда не смогут быть выведены из-под регулирующего контроля и имеют статус «объектов, находящихся на бессрочном безопасном содержании».

При разработке планов по выводу из эксплуатации многих других крупных ядерных установок за основу принимается конечное состояние площадки, при котором в дальнейшем возможно ее использование в промышленных целях. При этом площадки с небольшими ядерными установками, в том числе с исследовательскими реакторами, расположенными, например, на территории университетов, в будущем могут быть полностью выведены из-под регулирующего контроля и переданы в неограниченное пользование.

§ 4.3. Программы по выводу из эксплуатации объектов ядерного комплекса Канады и реабилитации территорий

Большая часть работ по выводу из эксплуатации ядерных объектов Канады реализуется в рамках так называемой Программы ответственности за ядерное наследие («Nuclear legacy liabilities program» или NLLP), инициированной в 2006 году и охватывающей ядерные установки, которые в течение более чем 60 лет эксплуатировались в рамках НИОКР Национальным научно-исследовательским советом Канады и AECL [1].

С точки зрения финансовых затрат, 70% работ, запланированных в рамках NLLP, приходится на Лаборатории Чок Ривер в провинции Онтарио, еще 20% – на Лаборатории Уайтшелл в Манитобе, а остальные 10% – это затраты на ликвидацию трех остановленных реакторов-прототипов в провинциях Онтарио и Квебек, которые на данный момент находятся на «безопасном сохранении» (рис. 4.5).



Рис.4.5. Объекты, включенные в программу NLLP

Суммарные затраты на реализацию всех работ, предусмотренных NLLP в течение следующих 70 лет, составят порядка 7,4 млрд долларов, включая затраты на ликвидацию неэксплуатируемых ядерных установок и вспомогательных зданий и сооружений, обращение со значительными объемами РАО различных категорий (захороненными или помещенными на хранение), очистку территорий, подвергшихся радиоактивному загрязнению, а также создание инфраструктуры, необходимой для обращения с РАО. Реестр отходов наследия включает ОЯТ, САО и НАО в жидкой и твердой форме, а также РАО, образовавшиеся в результате проведения работ по очистке промышленных площадок от радиоактивного загрязнения (в основном загрязненный грунт). Большая часть таких РАО не кондиционирована. Кроме того, дополнительные трудности связаны с тем, что в ряде случаев имеются лишь неполные данные о характеристиках и объемах отходов, образовавшихся в течение последних десятилетий.

Затраты на реализацию подготовительного этапа NLLP, рассчитанного на пять лет (с 2006 года), составили порядка 520 млн долларов. В рамках первого этапа основное внимание уделялось следующим аспектам [1]:

- решению наиболее приоритетных задач в целях обеспечения безопасности человека и окружающей среды;
- ускоренному выводу из эксплуатации закрытых нефункционирующих объектов;
- формированию базы для реализации последующих этапов программы.

Основная задача долгосрочной стратегии, преследуемая государством в рамках NLLP, состоит в том, чтобы при оптимальных затратах выполнить обязательства в области обеспечения безопасности объектов ядерного наследия и минимизировать сопутствующие риски. В 2011 году Правительство одобрило обновленную программу работ в рамках NLLP – на осуществление второго этапа, рассчитанного на следующие три года (т. е. до 31 марта 2014 года), было выделено 439 млн долларов.

4.3.1. Программы по реабилитации и выводу из эксплуатации объектов Чок Ривер

Согласно текущим планам в будущем комплекс Чок Ривер станет местом реализации целого ряда ядерных научно-исследовательских программ – данные территории планируется использовать в научных целях вплоть до 2100 года, а часть зданий и сооружений старой постройки будут перепрофилированы. Что касается мероприятий по ликвидации объектов ядерного наследия, то сейчас в Чок Ривер осуществляются запланированные мероприятия по обращению с РАО «наследия» и завершаются работы по выводу из эксплуатации шести крупных ядерных установок.

Национальный исследовательский экспериментальный реактор NRX

При разработке плана по выводу из эксплуатации реактора NRX (см. раздел 4.1.2) весь комплекс работ был разделен на три части: первая часть была направлена на вывод из эксплуатации непосредственно самой реакторной установки, вторая – бассейнов выдержки ОЯТ, а третья – вспомогательных установок и сооружений. В отношении NRX была принята стратегия отложенного демонтажа, а все работы были разделены на три этапа:

- на первом этапе здание реакторной установки требовалось привести в устойчивое состояние, гарантирующее обеспечение безопасности на стадии «сохранения под наблюдением»;

- второй этап – «сохранение под наблюдением» (SAFSTOR);
- третий этап – поэтапная ликвидация здания реакторной установки.

На данный момент реализуется второй этап плана работ по выводу из эксплуатации.

Испытательный реактор бассейнового типа PTR

Реактор PTR (см. раздел 4.1.2) был окончательно остановлен в 1990 году. Топливо было выгружено и помещено на хранение в специальные приповерхностные сооружения, представляющие собой вертикальные цилиндры из стали и бетона (рис. 4.6). С тех пор на площадке PTR проводился мониторинг, а сам реактор находился в состоянии безопасного останова (SAFSTOR).

Задача разработанного плана по выводу из эксплуатации состояла в перепрофилировании данного объекта для его дальнейшего использования в рамках научно-исследовательской деятельности, реализуемой в Чок Ривер [2].

План работ по его выводу из эксплуатации предусматривал:

- демонтаж и удаление оборудования: алюмо-графитовых отражателей, камеры деления, опорной плиты активной зоны, осциллятора, опорных стоек труб активной зоны, системы привода и фиксации управляющих стержней;
- спуск воды и осушение бассейна;
- удаление из бассейна оборудования системы деионизации и очистки воды;
- удаление всех элементов электрооборудования и системы энергообеспечения;
- удаление всех крепежных элементов и панелей со стен, пола и потолка;
- разделение и передачу всех отходов от проведения работ по выводу из эксплуатации в соответствующие зоны хранения и захоронения на территории лаборатории.

Данные работы были завершены в 2012 году, после чего объект был выведен из-под регулирующего контроля [2].

Лаборатория по регенерации плутония

Данная лаборатория (см. раздел 4.1.2) была закрыта в 1954 году. После закрытия большая часть технологического оборудования была дезактивирована и демонтирована. В помещениях лаборатории остались лишь камеры растворения, подъемные механизмы и водоприемные колодцы (на цокольном этаже здания) [2].

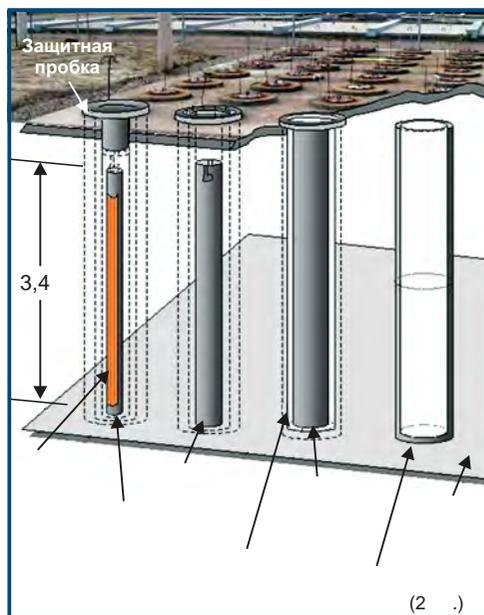


Рис.4.6. Приповерхностные конструкции для хранения ОЯТ на территории Чок Ривер

Работы по выводу объекта из эксплуатации стартовали после получения соответствующего разрешения от регулирующего органа. План работ по выводу из эксплуатации включает три основных этапа:

- работы первого этапа продолжительностью в три года позволили подготовить площадку к приведению в состояние «сохранения под наблюдением» (SAFSTOR);
- второй этап – сохранение объекта под наблюдением;
- третий этап – поэтапная ликвидация здания.

На данный момент на площадке реализуется комплекс мер, предусмотренных в рамках второго этапа плана по выводу из эксплуатации.

Башня установки по экстракции плутония

После окончательного закрытия объекта (см. раздел 4.1.2) в 1954 году всё технологическое оборудование было демонтировано и проведена первичная дезактивация помещений. В 1980-е годы работы по дезактивации и демонтажу были продолжены [2]. Текущий план работ по выводу из эксплуатации предусматривает:

- комплексное радиологическое обследование внутренних помещений башни, деревянных пристроек и подземной системы трубопроводов, а также определение текущего уровня радиационной опасности;
- изоляцию технологических и вспомогательных систем, входящих в сооружение, от расположенных вблизи зданий и установок;
- снос деревянных пристроек, бетонных конструкций и фундамента башни;
- сортировку ТРО, образовавшихся в результате проведения работ по выводу из эксплуатации, и их передачу в соответствующие зоны хранения и захоронения на территории лаборатории;
- экскавацию загрязненной почвы и засыпку территорий свежим грунтом.

Выпарная установка для очистки сточных вод

В 1971 году выпарная установка (см. раздел 4.1.2) была окончательно закрыта. Текущий план работ по выводу из эксплуатации предусматривает:

- изоляцию технологических и вспомогательных систем, входящих в данное сооружение, от расположенных вблизи зданий и установок;
- удаление и обработку всех ЖРО из емкостей, технологических линий и оборудования и их направление на хранение;
- дезактивацию технологического оборудования, технологических камер и других конструкций здания;
- демонтаж технологического оборудования, технологических камер, строительных конструкций и фундамента здания;
- сортировку ТРО, образовавшихся в результате проведения работ по выводу из эксплуатации, и их передачу в соответствующие зоны хранения и захоронения на территории лаборатории;

- экскавацию загрязненного грунта на расстоянии 1 м от здания, засыпку участка чистым грунтом.

Установка по обогащению тяжелой воды (HWUP)

На данный момент из сооружений HWUP (см. раздел 4.1.2) удалено около 75 % технологического оборудования и резервуаров-хранилищ. Текущий план работ по выводу из эксплуатации предусматривает [2]:

- ликвидацию оставшихся 25 % технологического оборудования основного здания установки;
- ликвидацию подземных резервуаров-хранилищ;
- проведение работ по очистке бетонных плит и конструкций основного здания установки и укрепление несущих конструкций в целях дальнейшего перепрофилирования сооружения и его использования в рамках НИОКР.

Подземные конструкции для ОЯТ

На наземных конструкциях для ОЯТ (см. раздел 4.1.2) недавно были реализованы оперативные меры по удалению воды из скважин и предотвращению ее дальнейшего проникновения в установку (рис. 4.7) [3].



Рис.4.7. Проведение работ по модернизации дренажной системы и сезонные укрытия от атмосферных осадков площадки хранения ОЯТ

Среди этих мер:

- реализован проект по проверке и замене потерявших герметичность фланцевых прокладок;
- модернизирована дренажная система вокруг бетонированных площадок хранилищ;
- внедрена система сезонной установки (весной и зимой) временных укрытий над площадками хранилищ, обеспечивающих защиту от атмосферных осадков.

Основной комплекс мер по обеспечению долгосрочного безопасного хранения «длинных» топливных стержней, относящихся к категории ОЯТ «ядерного наследия», реализуется в рамках «Проекта по упаковке и хранению ОЯТ» (FPS*), главными задачами которого являются:

- извлечение ОЯТ «ядерного наследия» из старых скважин-хранилищ;

- переупаковка и сушка ОЯТ;
- размещение упакованного ОЯТ в новом поверхностном пункте сухого хранения.

В 2014 году завершились работы по проектированию и строительству специализированного комплекса установок, включающего отдельное здание, предназначенное для проведения операций по переупаковке ОЯТ и его хранения (рис. 4.8). В нем размещены два пункта сушки и упаковки и монолитный блок-хранилище.

Для транспортировки ОЯТ с площадок исторического хранения был сконструирован специальный вильчатый подъемник, оснащенный дистанционно управляемым краном и специальным резервуаром-приемником для извлечения размещенных в скважинах контейнеров с ОЯТ (рис. 4.9).

Эта машина транспортирует контейнер с ОЯТ в основное здание. Здесь ОЯТ переупаковывают и сушат, после чего контейнеры направят на сухое хранение. Данный комплекс был введен в эксплуатацию летом 2014 года.

В настоящее время осуществляют работы по извлечению ОЯТ из старых хранилищ и его передаче на сухое хранение в новой установке. Как ожидается, старое хранилище будет полностью освобождено от ОЯТ не раньше 2020 года.

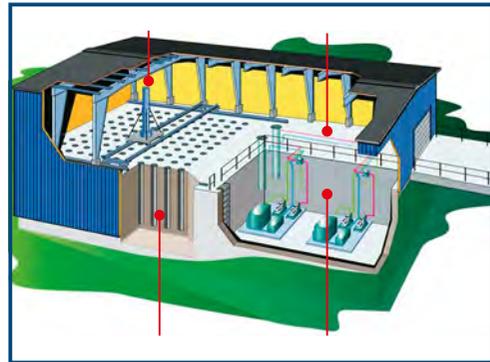


Рис. 4.8. Комплекс по обращению с ОЯТ ядерного наследия на территории Чок Ривер

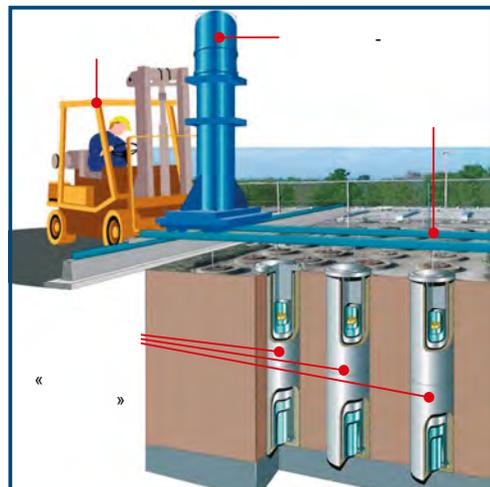


Рис. 4.9. Транспортёр с вильчатым захватом, выполняющий операции по извлечению ОЯТ

Обращение с РАО «ядерного наследия»

Помимо работ по выводу из эксплуатации, ликвидации и перепрофилированию объектов «ядерного наследия» в рамках NLLP осуществляется еще целый ряд проектов по обращению с отходами «ядерного наследия» и очистке грунтовых вод (см. раздел 4.1.2) на территории Чок Ривер:

Реабилитация хранилищ ЖРО [10]. Проект реабилитации хранилищ ЖРО (см. раздел 4.1.2) будет осуществлен в два этапа. На данный момент уже завершен первый этап, включавший разработку необходимой технической документации и строительство нового резервуарного хранилища для ЖРО, а также систем доставки отходов на новую установку. На втором этапе осуществлена разработка и сооружение технологических установок по обработке ЖРО, перекаченных в новое хранилище, благодаря чему отходы будут переведены в твердую форму (цементированы) и размещены в новом пункте

промежуточного сухого хранения ТРО. К настоящему времени ЖРО были удалены из семи резервуаров и направлены в новое хранилище. Содержимое 13 из 14 оставшихся резервуаров вместе со шламом со дна семи резервуаров в скором времени будет извлечено и направлено на установку цементирования.

Модернизация Центра по переработке РАО. Влажные, по возможности, предварительно спрессованные ТРО брикетируют и передают на хранение в бетонные бункеры, расположенные на территории Чок Ривер в Зоне «Б». Каждый год сюда на хранение поступает от 50 до 150 таких брикетов объемом по 0,4 м³.

Объем ежегодной переработки ЖРО на установках Чок Ривер достигает порядка 1 500–4 000 м³. Реестр ЖРО в основном включает жидкие отходы, поступающие из центра дезактивации, водоотводных систем химических и радиохимических лабораторий. Комплекс центра по переработке РАО включают выпарную установку для ЖРО, предназначенную для концентрирования отходов, и систему иммобилизации ЖРО, позволяющую битумировать концентрированные ЖРО в бочках [3].

Сооружение комплекса прессования низкоактивных ТРО и новых экранированных модульных хранилищ поверхностного типа (SMAGS) в зоне Н. Зона обращения с РАО Н, открытая в 2002 году, предназначена для организации хранения ТРО в поверхностных пунктах хранения модульного типа (MAGS) и экранированных поверхностных пунктах хранения модульного типа (SMAGS). В марте 2014 года CNSC выдал разрешение на строительство шести экранированных хранилищ. На данный момент в эксплуатации уже находятся первые две установки SMAGS. В дальнейшем новые пункты хранения этого типа планируется вводить в эксплуатацию через каждые три-четыре года. В целом емкости шести SMAGS хватит для размещения образующихся в Чок Ривер отходов в течение следующих 20–30 лет.

Рекультивация загрязненных территорий и очистка сточных вод

Что касается проведенных работ по восстановлению качества окружающей среды, то они включали извлечение отходов из старых пунктов захоронения и модернизацию систем очистки грунтовых вод (см. раздел 4.1.2).

Реестр извлеченных за последние несколько лет высоко опасных отходовполнили отработавшие топливные стержни, стеклянные емкости, содержащие смешанные продукты деления, а также резервуары с ЖРО. На рис. 4.10 представлен процесс извлечения одного из трех бетонных бункеров с ЖРО, захороненных в период 1950–1960-х гг. Основная часть работ была завершена в 2010 году.

Два проекта, направленные на решение проблемы загрязнения грунтовых вод, реализуются на территории Чок Ривер.

В рамках первого проекта на площадке установлена новая система откачки и очистки грунтовых вод, а две действу-



Рис.4.10. Извлечение бетонных бункеров с ЖРО

ющие системы будут модернизированы. Все три системы откачки и очистки в первую очередь обеспечивают снижение уровней загрязнения грунтовых вод, обусловленного присутствием ^{90}Sr , источником поступления которого в окружающую среду являются зоны обращения с РАО.

Старые системы очистки были сооружены в начале 1990 годов в рамках пилотного проекта и до сих пор находились в эксплуатации. Задача текущего этапа работ – произвести модернизацию этих систем, обеспечив соблюдение современных строительных и пожарных норм и повысив их производительность.

План работ предусматривает реализацию следующих мероприятий:

- подготовку площадок (вывод из эксплуатации и ликвидация двух старых установок, а также удаление растительного покрова и проведение экскавационных работ на площадке, выбранной для размещения новой установки очистки);
- строительные работы и запуск систем очистки;
- обеспечение эксплуатации систем;
- вывод из эксплуатации по окончании срока службы установок.

Одна из систем очистки грунтовых вод действует в зоне обращения с РАО «А». Около 4500 м^3 жидких РАО суммарной активностью порядка $33 \cdot 10^{13}$ Бк было изолировано в траншеях зоны «А» при аварии на реакторе NRX. В последующие годы было захоронено еще две партии отходов, содержащих смешанные продукты деления.

Как уже отмечалось, пункты захоронения РАО стали источником распространения радиоактивного загрязнения. Исследования показали, что отходы захоронены выше горизонта грунтовых вод. Тем не менее процессы инфильтрации привели к миграции загрязняющих веществ в грунтовые воды.

В 2013 году были завершены работы по установке проницаемого реактивного барьера (Southe Swamp Groundwater Treatment System). Он позволит предотвратить перенос стронция через песчаный водоносный горизонт к заболоченным участкам, лежащим неподалеку от зоны «А».

Основным источником загрязнения грунтовых вод в зоне «Б» являются РАО, захороненные в необлицованных траншеях. Снижения уровня загрязнения удалось добиться в первую очередь благодаря использованию системы очистки грунтовых вод (Spring B Treatment Plant).

Установка производит очистку грунтовых и поверхностных вод от ^{90}Sr , а очищенная вода возвращается в биосферу посредством ее сброса в несколько небольших ручьев. В 2013 году было очищено 1308 м^3 грунтовых вод и удалено $1,6\text{ ГБк }^{90}\text{Sr}$, благодаря чему содержание этого элемента в грунтовых водах в среднем понизилось с 1258 Бк/л до 2 Бк/л . В связи с окончанием срока службы системы Spring B Treatment Plant, в скором времени будут проведены работы по ее замене на новую большей производительности.

Помимо зоны «Б» новая система очистки появится и на участке, куда в прошлом производили сброс жидких отходов. Все операции по сбросу ЖРО в этой зоне были прекращены в 2000 году. Использовать эти территории в дальнейшем не планируется. Результаты текущего мониторинга грунтовых вод свидетельствуют о значительном снижении содержания трития после прекращения операций по сбросу ЖРО. Второй источ-

ник загрязнения – котлован для сброса химических отходов. Загрязнение в основном обусловлено ^{90}Sr . Однако в последнее время отмечается значительное снижение его концентраций в грунтовых водах благодаря работе системы очистки. В 2013 году установка позволила очистить 2550 м^3 воды, удалив $2,1\text{ ГБк }^{90}\text{Sr}$, благодаря чему концентрации этого элемента в грунтовых водах в среднем упали с 743 Бк/л до $3,5\text{ Бк/л}$. Данная система находится в эксплуатации уже в течение более 20 лет и в скором времени будет заменена на новую более эффективную.

Также на территории лаборатории с декабря 1998 года действует еще одна система очистки грунтовых вод, принцип работы которой основывается на использовании проницаемого реактивного барьера (PBS*). Затраты на проведение работ по ее разработке и установке составили более 300 000 долларов [11]. Действие данной системы также направлено на снижение концентраций стронция в грунтовых водах, замедление распространения ареала загрязнения и предотвращение попадания стронция в зоны разгрузки грунтовых вод. Замедление процессов миграции стронция является чрезвычайно важной задачей, так как этот элемент, попадая в биологическую систему заболоченных угодий, окружающих территорию лаборатории, способен накапливаться в растениях и почве, а затем распространяться на новые территории с током поверхностных вод.

Данную систему также называют «непроницаемой стеной и проницаемой завесой», что обусловлено особенностями ее конструкции, состоящей из стальной шпунтовой непроницаемой стены ($28\times 11\text{ м}$), перед которой установлен слой гранулированного реактивного материала двухметровой толщины («реактивная завеса»). Реактивная завеса состоит из 118 м^3 гранулированного клиноптилолита (зеолит). Вдоль передней части стены за реактивной завесой пробурено 10 откачных скважин. Бетонный смотровой колодец, прилегающей к стене и завесе, позволяет контролировать уровень напора в двух дренажных трубах – одной, идущей от завесы, второй – от спускающейся вниз горизонтальной дрены (рис. 4.11).

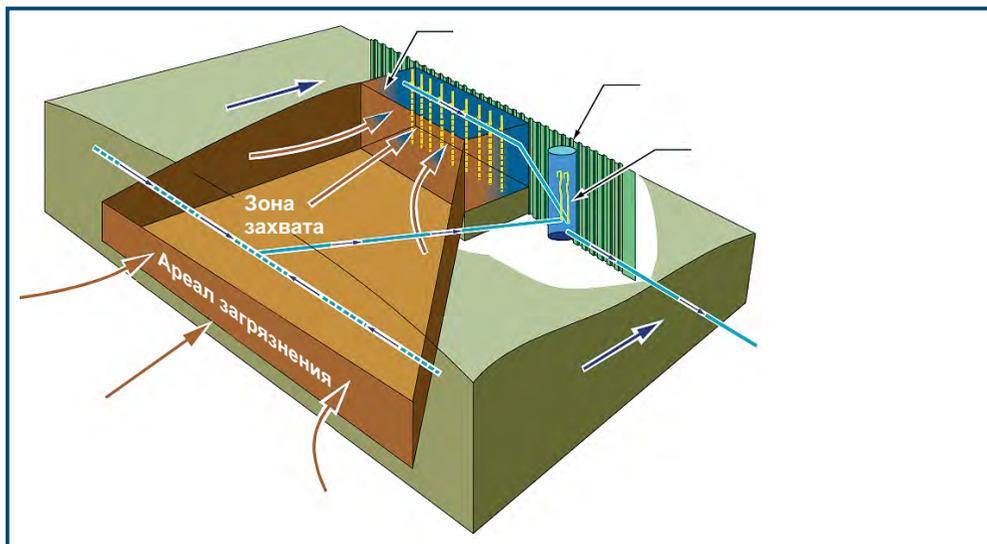


Рис. 4.11. Схема устройства системы реактивной очистки грунтовых вод (PBS)

* англ. Fuel Packaging & Storage.

Последняя была сооружена в целях контролируемого удаления загрязнения из неглубоко залегающих грунтовых вод и регулирования объема воды, проходящего через PBS, что сказывается на повышении эффективности работы всей системы. Вода из колодца отводится посредством подземной трубы в источник проточной воды [12].

Передний фронт ареала загрязнения протяженностью около 6 м расположен в глубинном слое водоносного горизонта мощностью порядка 12 м. Причем за все время он сместился приблизительно на 430 м относительно своего исходного положения. Водоносные горизонты сложены гранито-гнейсным песком, их мощность варьируется от 5 до 13 м, а гидравлическая проводимость составляет приблизительно 0,01 м/мин.

Производительность системы PBS составляет $1,15 \cdot 10^7$ л/год с получением около $1,0 \cdot 10^7$ литров чистых грунтовых вод в год. В 2013 году благодаря данной системе удалось избежать сброса около 53,1 ГБк ^{90}Sr , а его концентрация в грунтовых водах в среднем снизилась с 2590 Бк/л до 1 Бк/л. С 1998 года система очистки позволила предотвратить сброс в грунтовые воды ^{90}Sr суммарной активностью около $5,64 \cdot 10^{11}$ Бк.

4.3.2. Программа по реабилитации и выводу из эксплуатации объектов лаборатории Уайтшелл

В 1999 году завершилась разработка детального плана по выводу из эксплуатации установок лаборатории Уайтшелл и очистке территории промышленной площадки, а в 2002 году была выполнена комплексная оценка безопасности проекта, одобренная Министерством окружающей среды Канады. Ниже представлены основные положения разработанного плана работ [13, 14]:

- ликвидировать все здания, сооружения и объекты инфраструктуры, имеющиеся на площадке, произвести очистку территорий от радиоактивного и химического загрязнения;
- создать установки, необходимые для характеристики, обработки и хранения отходов, образующихся в ходе выполнения работ по выводу из эксплуатации (например, мобильные установки по характеристике РАО). Так, например, для захоронения НАО планируется внедрить систему модернизированных модульных наземных хранилищ типа SMAGS (Shielded Modular Above Ground Storage Buildings). Каждое такое сооружение ($46 \times 29,5 \times 6$ м, толщина бетонных стен – 360 мм) способно вместить свыше 8000 м³ НАО, компактированных в стальных контейнерах (рис. 4.12);



Рис. 4.12. Наземный пункт хранения НАО (SMAGS)

- поддерживать надлежащее состояние зданий и хранилищ РАО до окончания реализации проекта по выводу из эксплуатации. Так, например, печи, раньше использовавшейся для сжигания органических отходов, образовывавшихся в ходе эксплуатации и закрытия реактора WR-1, теперь производят термическую обработку растворителей, направляемых сюда с выводимых из эксплуатации лабораторных установок. Таким образом, для обращения с отходами планируется использовать имеющуюся инфраструктуру, а затем после открытия национальных пунктов захоронения вывезти отходы с площадки (пункт захоронения НАО планируется открыть в 2025 году, а пункт захоронения ВАО – в 2055 году);
- планируемый срок окончания всех работ на площадке Уайтшелл – 2060 год. Причем более 90 % всех зданий и сооружений планируется полностью ликвидировать уже к 2028 году, после чего будут реализованы намеченные мероприятия по обращению с РАО (рис. 4.13).

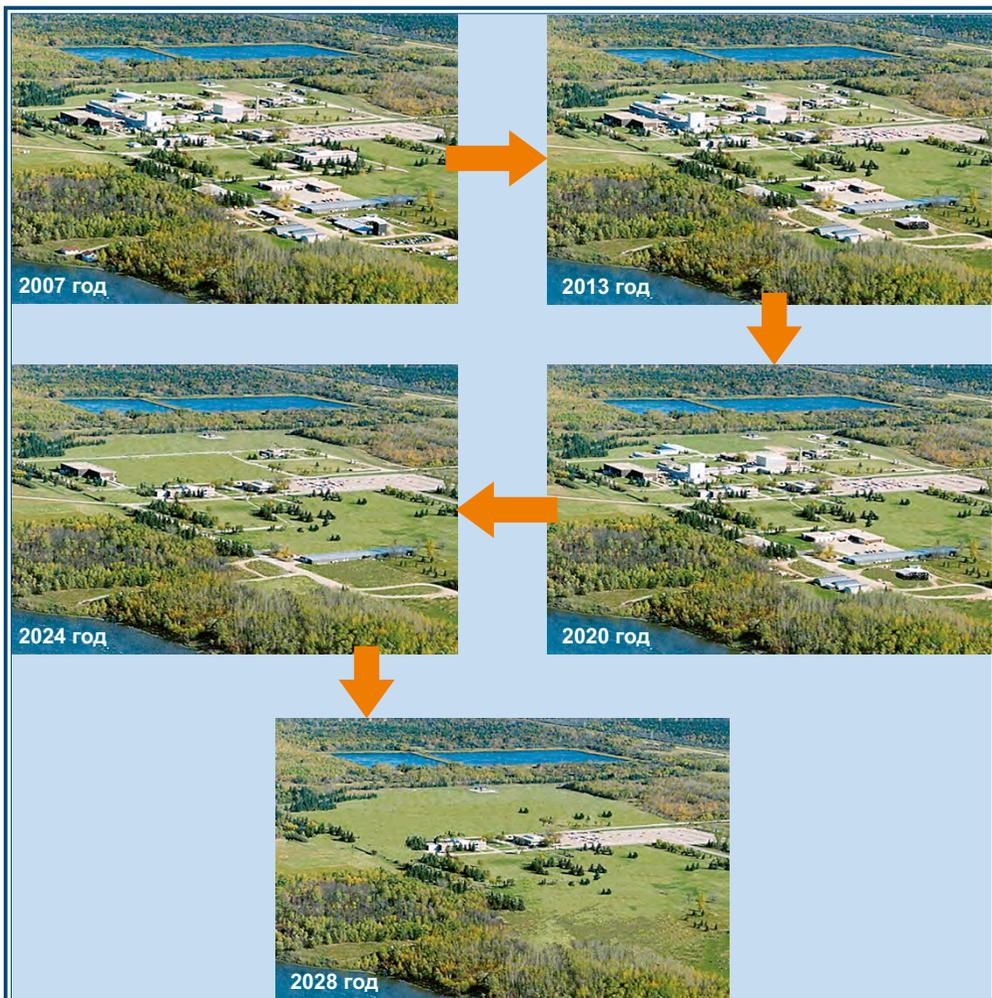


Рис. 4.13. Последовательное преобразование площадки в рамках проекта по ВЭ лабораторий Уайтшелл

Проект по выводу из эксплуатации установок Уайтшелл планируется осуществить в четыре этапа [14]:

- 2002–2008 гг. (6 лет) – проведение работ по дезактивации, сносу и реконструкции ряда зданий и сооружений в целях достижения статуса площадки «сохранение под наблюдением»;
- 2009–2019 гг. (10 лет) – осуществление мероприятий, связанных с обращением с отходами, в том числе проведение реконструкции и модернизации ряда хранилищ РАО;
- 2020–2060 гг. – поддержание состояния ряда объектов в режиме «сохранения под наблюдением» с последующей ликвидацией установок и объектов инфраструктуры, а также удалением отходов с территории лаборатории;
- после выполнения последнего этапа конечное состояние площадки предусматривает ее безусловное освобождение от регулирующего контроля за исключением нескольких участков: пунктов приповерхностного захоронения НАО траншейного типа и участков с загрязнением речных донных отложений.

На первом этапе (2002–2008 гг.) большая часть усилий была направлена на закрытие и дезактивацию зданий и установок ядерных и радиоизотопных лабораторий. Кроме того, были полностью выведены из эксплуатации две крупные установки – ускоритель Ван де Граафа и нейтронный генератор. Финансовые затраты на осуществление первого этапа работ по выводу из эксплуатации в рамках Программы ответственности за ядерное наследие (NLLP), представлены в табл. 4.3 [13].

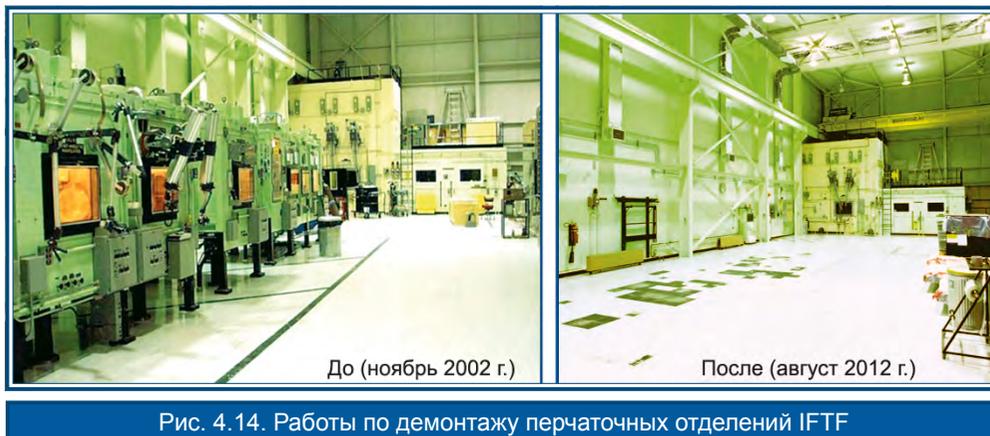
Табл. 4.3. Финансовые затраты на реализацию проекта по ВЭ установок Уайтшелл

Год	06/07	07/08	08/09	09/10	10/11	11/12	12/13
млн долларов	24	35	45	47	50	46	48

Кроме того, в рамках деятельности по выводу из эксплуатации были выполнены следующие работы [1]:

- осуществлен снос всех неиспользуемых зданий и сооружений, не содержавших ядерных установок;
- полностью ликвидировано около 170 различных лабораторий основного комплекса НИОКР общей площадью «под крышей» свыше 20 000 м², демонтированы дренажные трубопроводы и элементы системы принудительной вентиляции;
- произведены демонтажные работы на ряде экранированных установок, в том числе на опытной установке по иммобилизации топлива (IFTF) общей площадью «под крышей» около 1 300 м² (рис. 4.14);
- ЖРО, относящиеся к категории «ядерного наследия», были кондиционированы и помещены на хранение.

В ближайшие годы планируется проведение работ по выводу из эксплуатации реактора WR-1, проработавшего с 1966 по 1989 гг. Первый этап работ по выводу из эксплуатации был завершен в 1996 году – реактор был приведен в состояние «сохранения под наблюдением» (рис. 4.15).



В ходе следующего этапа работ, осуществляемого с 2015 года, из реакторного здания планируется удалить все активированные и загрязненные элементы, провести дезактивацию строительных конструкций. Завершение работ по ликвидации реактора WR-1 с получением «зеленой площадки» намечено на 2025–2026 гг.

В подземных исследовательских лабораториях, выведенных в 2003 году из эксплуатации, в 2010 году проведены работы по герметизации отдельных скважин, основной и вентиляционной шахт.



В настоящее время на территории площадки реализуется программа мониторинга окружающей среды и гидравлического и геомеханического скважинного контроля, рассчитанная как минимум на три года. После завершения данной программы 22 мониторинговые скважины будут запечатаны. Также будет принято решение о том, стоит ли сохранить или ликвидировать здания и сооружения, размещенные на поверхности.

4.3.3. Программа вывода из эксплуатации реакторов-прототипов

В рамках программы ответственности за ядерный ущерб также предусмотрены работы по выводу из эксплуатации трех остановленных реакторов-прототипов: Жантйи-1, Дуглас Пойнт и NPD [2] (см. раздел 4.1.3).

На сегодняшний день, комплекс установок по обращению с РАО Жантйи включает в себя окончательно остановленный и частично выведенный из эксплуатации реактор-прототип Жантйи-1, а также вспомогательные постройки и сооружения. В отношении реактора принята стратегия отложенного демонтажа, и на данный момент он находится в состоянии долгосрочного «сохранения под наблюдением». Также на площадке комплекса располагается блок энергетического реактора Жантйи-2 (CANDU) мощностью 600 МВт.

Реактор Жантйи-1, закрытый на плановый ремонт в 1979 году, в течение последующих трех лет находился в состоянии консервации, пока в 1984 году не было принято

решение о его закрытии по экономическим соображениям. В апреле того же года стартовала двухлетняя программа по выводу из эксплуатации, призванная привести реактор в устойчивое состояние («сохранение под наблюдением» или SAFSTOR). Тяжеловодный теплоноситель был слит и направлен на переработку. К 1986 году всё ОЯТ было перемещено из приреакторных бассейнов выдержки в специальные контейнерные пункты сухого хранения ОЯТ, завершены предусмотренные планом демонтажные и дезактивационные работы. Крупные радиоактивно загрязненные и радиоактивные элементы оборудования, не вывезенные на другие площадки, были помещены на компактное хранение в реакторном и турбинном залах. На данный момент реализуется второй этап, предусмотренный в рамках утвержденного плана по выводу из эксплуатации, – «сохранение под наблюдением», продолжительностью 30 лет. На третьем этапе в течение 10 лет Жантйи-1 будет окончательно выведен из эксплуатации. Завершение всех работ намечено на 2061 год.

Такая же судьба ожидает реактор-прототип CANDU Дуглас Поинт мощностью 200 МВт и реактор NPD (CANDU-PWR мощностью 20 МВт), окончательно остановленные в 1984 и 1987 году соответственно. Перед окончательной ликвидацией данных установок реактор Дуглас Поинт в течение 50–60 лет будет находиться в состоянии «сохранения под наблюдением», а для реактора NPD продолжительность этого этапа составит всего 30 лет. Таким образом, реактор Дуглас Поинт будет окончательно выведен из эксплуатации к 2066 году, а NPD – к 2027 году.

§ 4.4. Обращение с историческими РАО в рамках инициативы Порт Хоуп

Термином «исторические отходы» в Канаде принято обозначать низкоактивные отходы, прошлая практика обращения с которыми (1930–1950-е гг.) в настоящее время не считается приемлемой. При этом текущий собственник «исторических РАО» не может быть привлечен к ответственности за обращение с этими отходами, поэтому ответственность за долгосрочное обращение с ними была возложена на федеральное правительство [2].

Реестр исторических отходов по большей части представлен вторичными продуктами переработки смоляных 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. Именно здесь с 1930–1950-х гг. функционировали предприятия по переработке урановых руд, в том числе крупнейший завод корпорации Краун. На территории этого района приходится порядка 2 млн кубометров исторических отходов (1,2 млн м³ – на муниципалитет Порт Хоуп, 0,5 млн м³ – на муниципалитет Кларингтон (Порт Грэнби)) [15].

В период 1948–1955 гг. отходы от переработки урановых руд захоронивали на установке по обращению с РАО Уэлком (450 000 м³ НАО), расположенной в муниципалитете Порт Хоуп. Позднее с 1955 по 1988 гг. для их захоронения использовалась площадка установки по обращению с РАО в муниципалитете Кларингтон [2].

Впервые о проблеме загрязнения окружающей среды в Порт Хоуп заговорили в 1974 году. Тогда более 120 000 м³ наиболее опасных отходов и загрязненных земель бы-

ло вывезено из пригорода Порт Хоуп и размещено в пунктах хранения лаборатории Чок Ривер. В 1989 году Управление по обращению с НАО (LLRWMO) и власти города Порт Хоуп инициировали совместную Программу контроля за проведением строительных работ (СМР), в рамках которой LLRWMO осуществляет контроль качества грунта на тех площадках, где в будущем планируется проведение строительных работ. В случае выявления почв, характеризующихся небольшим уровнем радиоактивного или химического загрязнения, или НАО, грунт и отходы подлежат удалению и транспортировке в местный пункт хранения, получивший лицензию регулирующего органа. К настоящему времени в рамках данной программы в местный пункт хранения поступило около 6000 м³ загрязненных материалов. При этом критерием для очистки территории является предел по удельной активности ²²⁶Ra, установленный на уровне 0,30 Бк/г [16].

Тем не менее многолетние попытки федерального правительства найти место для долгосрочного размещения всего объема исторических РАО и установок для обращения с ними оказались безрезультатными. В конце концов, местные общины муниципалитетов Порт Хоуп и Кларингтон выступили с инициативой о реализации проекта по очистке загрязненных земель и организации обращения с историческими РАО непосредственно на территории данных муниципалитетов. Правительство приняло это предложение и в 2001 году подписало соответствующее соглашение с муниципалитетами. Соглашение предусматривало реализацию так называемой «Инициативы Порт Хоуп», направленной на выработку и реализацию решений по очистке загрязненных территорий и долгосрочному обращению с историческими отходами.

В рамках «Инициативы Порт Хоуп» предусмотрена реализация двух проектов: проекта Порт Хоуп и проекта Порт Грэнби. Обе площадки расположены на северном побережье озера Онтарио, приблизительно в 100 км от Торонто (рис. 4.16).

Ответственность за осуществление всех работ возложена на Управление по обращению с низкоактивными отходами (LLRWMO), являющееся структурным подразделением АЕСЛ.

Оба проекта предусматривают проведение мероприятий по очистке загрязненных территорий, сооружение установок по обращению с РАО и пунктов долгосрочного хранения, а также мониторинг состояния окружающей среды. При этом если сравнивать эти два проекта, то следует отметить, что по Порт Хоуп имеются куда менее точные данные о местах размещения и характеристиках НАО. Кроме того, дополнительные трудности обусловлены тем, что в Порт Хоуп часть отходов размещена на территориях, принадлежащих различным частным собственникам.

Экологическая экспертиза была проведена по каждому проекту (по Порт Хоуп – в 2007 году, по Порт Грэнби – в 2009 году). В итоге регулятор выдал соответствующие лицензии на осуществление работ, содержащие требования относительно регулярного

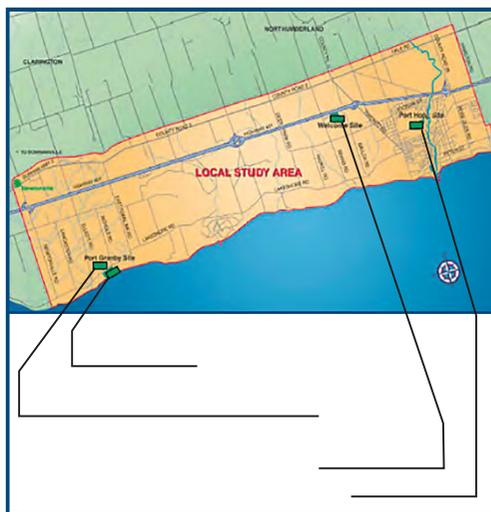


Рис. 4.16. Загрязненные площадки Порт Хоуп и Порт Грэнби

представления информации о проведенных работах, критерии очистки территории, а также набор проектных материалов и утвержденный план по реализации каждого из четырех этапов работ (рис. 4.17) [15]:

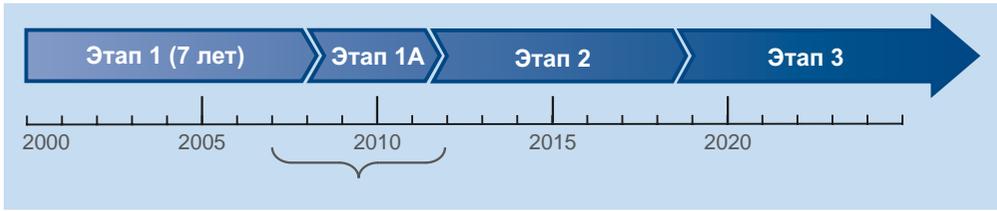


Рис. 4.17. Этапы реализации проекта Порт Хоуп

- этап 1 – проведение экологических экспертиз и нормативно-правовое оформление;
- этап 1А – проведение работ, необходимых для начала реализации мероприятий, запланированных в рамках второго этапа;
- этап 2 – реализация основных мероприятий;
- этап 3 – мониторинг.

Известно, что на реализацию мероприятий, предусмотренных в рамках этапа 1 и этапа 1А проекта Порт Хоуп, было потрачено около 91,5 млн долларов. Одна треть этой суммы была перечислена местным муниципалитетам, в том числе в счет изъятия земель.

Проект Порт Хоуп

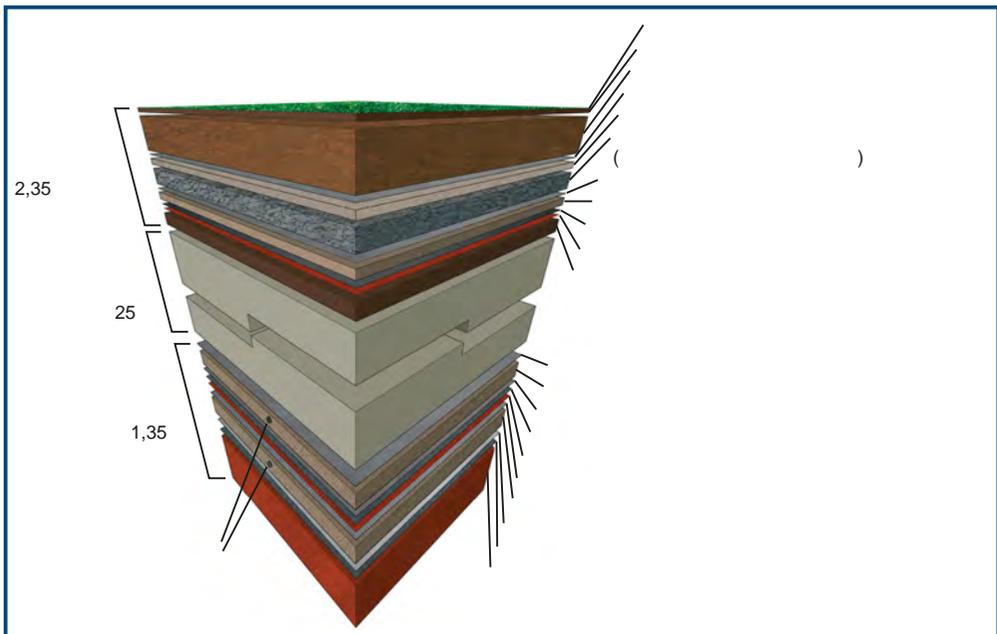


Рис. 4.18. Проект многослойного покрытия могильника курганного типа для захоронения исторических НАОЭ на территории Порт Хоуп

В рамках проекта Порт Хоуп планируется очистить территории от более чем 1,2 млн м³ исторических низкоактивных отходов, которые будут изолированы в строящемся пункте поверхностного захоронения курганного типа (рис. 4.18), инициировать программу долгосрочного мониторинга окружающей среды и осуществлять техническое обслуживание новой установки по обращению с РАО [16].

Новый пункт захоронения вместимостью около 1,8 млн м³ НАО будет построен на территории старого могильника НАО Уэлком. При этом отходы из старого могильника будут извлечены и перезахоронены в новой установке. Сюда же будут удалены и НАО, образующиеся в результате текущей деятельности по очистке территорий Порт Хоуп от исторического загрязнения [17, 20].

Согласно разработанному проекту изоляцию исторических НАО будет обеспечивать толстое многослойное покрытие могильника, которое укроет захороненные отходы сверху, снизу и по периферии. Чередование слоев различных природных и искусственных специально разработанных материалов надежно изолирует загрязняющие вещества, предотвращая их выход в окружающую среду. Мониторинг системы барьеров планируется осуществлять в течение нескольких сотен лет. Визуальный осмотр и контроль качества воды, отобранной из системы сбора протечек, позволит установить факт нарушения работоспособности системы захоронения. При этом для контроля показателей функционирования системы захоронения планируется использовать датчики, устанавливаемые как в различных слоях покрытия могильника, так и в его основании.

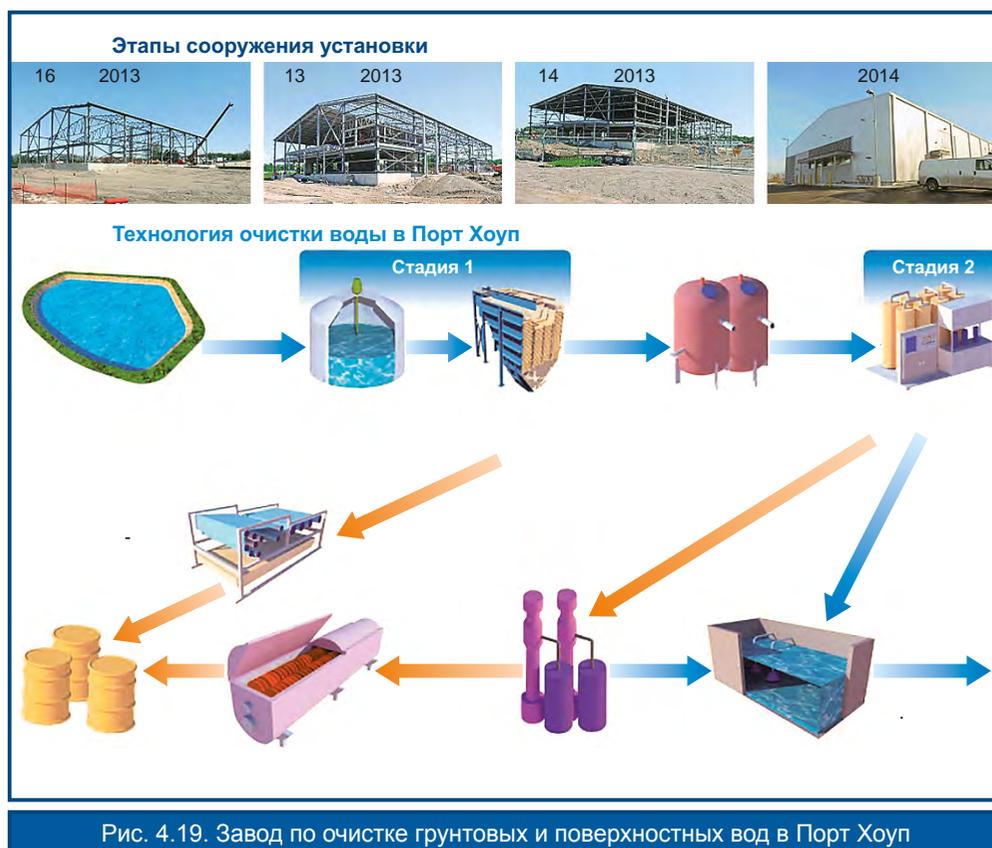


Рис. 4.19. Завод по очистке грунтовых и поверхностных вод в Порт Хоуп

Кроме того, контроль качества грунтовых вод будет производиться посредством отбора проб из специальных скважин, пробуренных по контуру основания могильника [17, 18].

Работы на площадке стартовали в 2012 году и продолжаются до сих пор. К настоящему времени завершено строительство водоочистной установки, предназначенной для очистки поверхностных и грунтовых вод на этапе сооружения пункта захоронения, а также загрязненных вод, которые будут просачиваться в могильник, после установки окончательного покрытия и закрытия объекта. Очищенную, соответствующую установленным CNSC критериям воду планируется сбрасывать в озеро Онтарио по системе трубопроводов [18, 19].

Проект предусматривает использование технологии двухступенчатой очистки, позволяющей удалить широкий спектр различных загрязняющих веществ. На первом этапе загрязненная вода будет подвергаться химическому осаждению и очистке (первая стадия очистки), за которой последует стадия очистки с применением технологий обратного осмоса ROCHEM (рис. 4.19).

Проект Порт Грэнби

Как уже отмечалось ранее, установка по обращению с РАО в Порт Грэнби использовалась для захоронения низкоактивных отходов в период с 1955 по 1988 год. Всего в пределах промышленной площадки в 17,5 га было размещено порядка 450 000 м³ НАО. В целом проект предусматривает экскавацию загрязненного грунта и извлечение всего объема НАО, захороненных в старом могильнике, их транспортировку в новый пункт захоронения, рассчитанный на прием порядка 600 000 м³ НАО. Новый могильник курганного типа планируется построить в 700 м к северо-западу от старой установки. Конструкция могильника в Порт Грэнби аналогична конструкции установки, строящейся в Порт Хоуп (рис. 4.20) [16]. В соответствии с разработанным проектом, объект оконча-

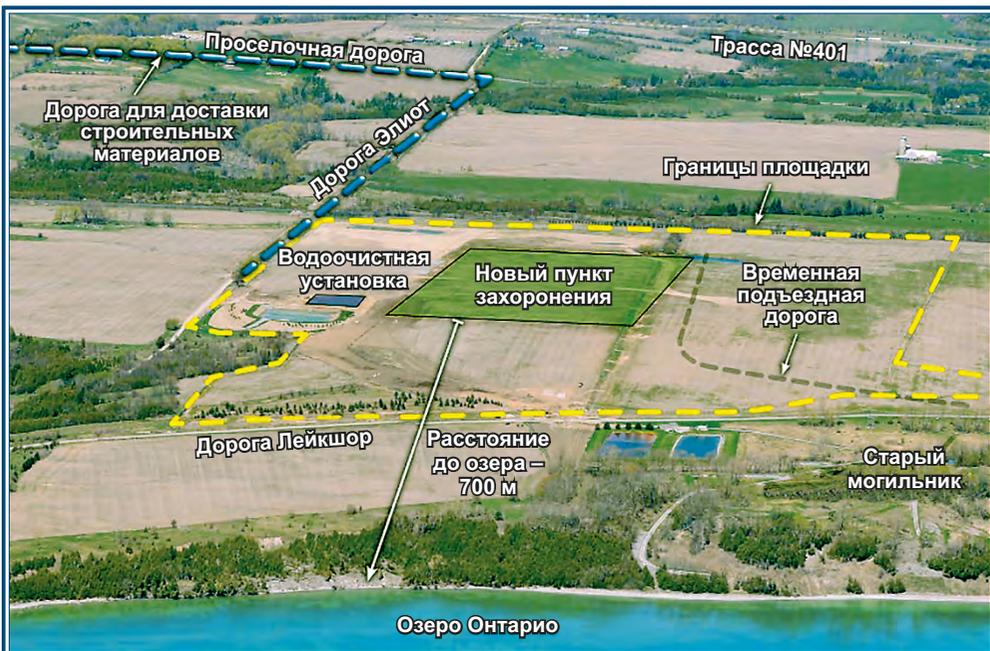


Рис. 4.20. Схема размещения основных установок в рамках проекта в Порт Грэнби

тельной изоляции исторических НАО (410×230 м) будет состоять из двух камер захоронения одинакового размера.

Могильник представляет собой высокотехнологичный комплекс, состоящий из множества слоев природных и искусственных специально разработанных материалов, слагающих ее основание, системы сбора протечек и окончательного многослойного верхнего покрытия, которое позволит свести к минимуму инфильтрацию влаги в установку и тем самым снизит интенсивность выщелачивания отходов. Основным элементом фундамента могильника служит 2-миллиметровая геомембрана из высокоплотного полиэтилена, устанавливаемая поверх слоя природной глины мощностью 750 мм, гидравлическая проводимость которой не должна превышать $1 \cdot 10^{-7}$ см/с. Верхние слои основания будут выполнять дренажные функции, облегчающие проведение мониторинга, а также сбор и удаление протечек [18, 20].

Второй этап проекта Порт Грэнби был инициирован осенью 2011 года после получения соответствующей лицензии регулирующего органа. Согласно условиям лицензии Правительство Канады отныне несет ответственность за площадку старого могильника и территории, отведенные под строительство нового пункта захоронения (95 га), общей площадью 275 га. В январе следующего года Правительство приняло решение о выделении 1,28 млрд долларов на реализацию всех работ в рамках «Инициативы Порт Хоуп», из которых 273 млн долларов планируется потратить в течение следующих 10 лет на финансирование мероприятий, предусмотренных в рамках второго этапа проекта Порт Грэнби [2].

Ожидается, что работы по сооружению установки, реабилитации территорий старого могильника, включающие в том числе экскавацию исторических НАО, их транспортировку и захоронение в новой установке, займут от пяти до шести лет (этап 2). Реализация работ по экскавации отходов началась в 2016 году.

В 2014 году на площадке Порт Грэнби завершилось строительство завода по очистке грунтовых и поверхностных вод, подвергающихся загрязнению в ходе выполнения операций по захоронению и перезахоронению отходов в новом могильнике, а также вод, которые поступят в систему сбора протечек после закрытия могильника (рис. 4.21). Стоимость всех работ по созданию установки составила 28,8 млн долларов [18, 21].



Рис. 4.21. Новая водоочистная установка в Порт Грэнби

§ 4.5. Организация работ по выводу из эксплуатации территорий урановых месторождений

В разделе 4.1.6. было представлено общее описание основных месторождений урановой руды в Канаде и заводы по ее переработке. Многие из этих объектов, история которых начиналась в пятидесятые годы прошлого века, уже не функционируют. Их текущее состояние представлено в табл. 4.4.

Рассмотрим порядок организации работ по выводу из эксплуатации месторождений и восстановлению качества окружающей среды на примере проекта Клафф Лейк.

4.5.1. Проект Клафф Лейк

Данное месторождение, эксплуатировавшееся с 1981 по 2002 год, принадлежало компании Aqueva и было закрыто после истощения запасов руды. Всего за 22 года работы месторождения здесь было добыто свыше 28 млн тонн U₃O₈. На площадке Клафф Лейк располагался участок переработки руды и обращения с хвостами, четыре открытых карьера и два подземных рудника, рабочий поселок и объекты инфраструктуры. Лицензия регулирующего органа на проведение работ по выводу из эксплуатации объектов Клафф Лейк была выдана регулирующим органом в июле 2004 года. До этого в течение 5 лет были проведены общественные консультации и выполнена оценка воздействия проекта на окружающую среду. Так завершился этап подготовки к проведению работ, направленных на возвращение площадки в ее исходное состояние.

Цель проекта – достижение состояния площадки, насколько это практически возможно и целесообразно, приближенного к ее исходному состоянию при условии обеспечения защиты окружающей среды и возможностей для безопасного использования имеющихся природных ресурсов (ловля рыбы, охотничий промысел).

Большая часть мероприятий по выводу из эксплуатации в Клафф Лейк была осуществлена с 2004 по 2006 год, а в 2007 году были выполнены работы по озеленению территории. До середины 2013 года на площадке оставалось лишь небольшое количество сотрудников, задействованных в реализации программы мониторинга окружающей среды и выполнении небольших работ по реабилитации. К сентябрю 2013 года были полностью завершены работы по ликвидации всех объектов инфраструктуры, имевшихся в Клафф Лейк, и персонал покинул площадку. В конечном итоге, как только результаты текущей программы мониторинга подтвердят, что в ходе реализованных мероприятий по выводу из эксплуатации был достигнут желаемый результат, правительством провинции Саскачеван будет инициирована программа ведомственного контроля [2].

Площадка перерабатывающего завода

Работы по выводу из эксплуатации перерабатывающего завода были реализованы в два этапа, завершенных в 2004 и 2005 году соответственно (рис. 4.22).

Здание завода был снесено с применением обычных технологий, используемых при ликвидации промышленных сооружений подобного размера, включавших специальные меры защиты персонала от остаточного загрязнения и промышленных рисков, а также предотвративших распространение загрязняющих веществ в окружающую среду. Нетронутыми остались два цеха, использовавшиеся как складские помещения и помещения для ремонта оборудования. Их снос был отложен до 2013 года. Отходы, образовав-

Табл. 4.4. Текущий статус недействующих месторождений урана

Название месторождения	Годы эксплуатации	Текущий оператор	Регистр РАО*	Текущий статус
Гуннар (Gunnar)	1955-1964	Исследовательский совет Саскачевана (SRC)	4 400 000 т**	В 2010 году по указанию CNSC властям Саскачевана было поручено ликвидировать все инженерные конструкции и здания на площадке, а также обеспечить безопасное обращение с РАО. Работы были завершены в 2011 году. В 2014 году регулирующий орган выдал лицензию на дальнейшее проведение работ по реабилитации площадки.
Лордо (Lorado)	1957-1960	Исследовательский совет Саскачевана (SRC)	360 000 т***	Лицензия на проведение работ была выдана в 2007 году. Выполнение работ по восстановлению качества окружающей среды началось в 2014 году и завершено спустя год. С 2015 года на площадке осуществляется программа ведомственного контроля общей продолжительностью в 10 лет, по завершении которой будет принято окончательное решение об освобождении данных территорий от регулирующего контроля.
Клафф Лейк (Cluff Lake)	1980-2002	Исследовательский совет Саскачевана (SRC)	3 230 000 т** Отвалы неинтерализованных горных пород – 18 400 000 т	Работы по выводу из эксплуатации завершены в сентябре 2013 года.
Биверлодж (Beaverlodge)	1953-1982	Camoco Corporation	5 700 000 т** Отвалы неинтерализованных горных пород – 4 800 000 т	Работы по выводу из эксплуатации проводились с 1982 по 1985 гг. С тех пор площадка содержится под наблюдением, осуществляется программа мониторинга. В ходе проведения работ по выводу из эксплуатации были демонтированы все конструкционные элементы шахты, все шахтные колодцы, за исключением одного, были засыпаны, шахтные стволы были загерметизированы.
Эллот Лейк (Онтарио) – комплекс из 12 недействующих шахт по добыче урана и 10 хвостохранилищ				
Stanleigh	1958-196, 1983-1996	Rio Algom Ltd.	19953 000 т*	Работы по выводу из эксплуатации, включавшие герметизацию шахт, ликвидацию установок на поверхности, а также благоустройство и озеленение территории, завершились в 1999 году.
Spanish American	1958-1959	Rio Algom Ltd.	450 000 т*	
Stanrock/Can-Met	1957-1964	Dension Mines Inc.	5 750 000 т**	
Milliken	1958-1965	Rio Algom Ltd.	150 000 т**	
Panel	1958-196, 1979-1990	Rio Algom Ltd.	16 000 000 т*	
Denison	1957-1992	Dension Mines Inc.	63 800 000 т**	
Quirke 1 & 2	1955-196, 1965-1990	Rio Algom Ltd.	46 000 000 т**	
Pronto	1958-196, 1961-1970	Rio Algom Ltd.	2 100 000 т**	
Lacnor	1957-1960	Rio Algom Ltd.	2 700 000 т**	
Nordic	1957-1990	Rio Algom Ltd.	12000 000 т**	

Онтарио				
Этньоу Лейк	1977-1983	Управление провинции Онтарио по развитию Северных территорий и месторождений	510 000 т**	Работы по выводу из эксплуатации проводились в период 1983–1988 гг. частной компанией. В начале 1990-х гг. площадка была передана в ведение властей провинции Онтарио, получивших лицензию CNSC. Каждые три года регулятор проводит независимую экспертизу, задача которой проверить достоверность отчетных данных, полученных Управлением в ходе отбора проб поверхностных вод. В 2010 году концентрации радиоактивных веществ в воде озера составили: $^{226}\text{Ra} < 0,01 \text{ Бк/л}$; $^{210}\text{Pb} < 0,1 \text{ Бк/л}$; $^{210}\text{Po} < 0,01 \text{ Бк/л}$; $^{230}\text{Th} < 0,01 \text{ Бк/л}$.
Онтарио, месторождение Бэнкрофт				
Бэнкрофт	1958-1960	EnCana West Limited	600 000 т**	В 1980 году были проведены работы по озеленению выходящих на поверхность хвостохранилищ, в 1990 и 1997 гг. укреплены хвостовые дамбы. Концентрации загрязняющих веществ в поверхностных водах в основном ниже целевых показателей качества воды, установленных властями провинции Онтарио. Исключение составляют ^{226}Ra – 1,3 Бк/л (при норме 0,6 Бк/л) и уран – 17 мг/л.
Дайно	1958-1963	Barrick Gold Corp.	2 000 000 т**	На площадке находится хвостохранилище, большая часть поверхностных установок была снесена, ствол шахты загерметизирован. По данным мониторинга 2012 года концентрации радиоактивных веществ в поверхностных водах, Бк/л: ^{226}Ra – 0,094-0,073, ^{210}Pb < 0,02; ^{210}Po – 0,015; ^{230}Th – 0,013, уран – 0,3 мг/л (RW/CO = 5,0 мг/л)
Мада-васка	1957-1964, 1976-1983	EnCana West Limited	4 000 000 т**	Работы по восстановлению качества окружающей среды проводились с 1983 по 1992 год. На данный момент регулирующий орган производит пересмотр условий лицензии для данной площадки. Данные мониторинга за 2013 год: U – 0,02-0,04 мг/л, ^{226}Ra – 0,03 – 0,24 Бк/л, $^{230}\text{Th} < 0,005 \text{ Бк/л}$, $^{210}\text{Pb} < 0,02 \text{ Бк/л}$, $^{210}\text{Po} < 0,005 \text{ Бк/л}$.
Северо-Западные территории				
Порт Радий	1942-1960, 1964-1982 (добыча серебра)	Управление по развитию Северо-Западных территорий Department of Indian Affairs and Northern Development	907 000 т**	Площадка (17 га) была частично выведена из эксплуатации в 1984 году, в 2007 году завершено выполнение всего комплекса работ по восстановлению качества окружающей среды. Данные мониторинга состояния поверхностных вод 2012 года: $^{226}\text{Ra} < 0,005 \text{ Бк/л}$; $^{210}\text{Pb} < 0,02 \text{ Бк/л}$; $^{210}\text{Po} < 0,005 \text{ Бк/л}$; $^{230}\text{Th} < 0,1 \text{ Бк/л}$.
Рейрок	1957-1959	Управление по развитию Северо-Западных территорий	71 000 т**	Работы по выводу из эксплуатации и восстановлению качества окружающей среды завершены в 1996 году. Результаты мониторинга поверхностных вод: ^{226}Ra – 0,14 Бк/л; ^{210}Pb – 0,06 Бк/л; ^{210}Po – 0,03 Бк/л; ^{230}Th – 0,54 Бк/л; $^{238}\text{Th} < 0,1 \text{ Бк/л}$; ^{232}Th – 0,01 Бк/л; ^{234}U – 0,053 Бк/л; ^{235}U – 0,0025 Бк/л; ^{238}U – 0,053 Бк/л.

*Отвалы в поверхностном обводненном хвостохранилище

**Отвалы в поверхностном хвостохранилище



Рис. 4.22. Вид сверху на установки Клафф Лейк в период работы месторождения (слева), вид сверху на площадку после выполнения мероприятий по выводу из эксплуатации до посадки деревьев (справа)

шиеся в ходе ликвидации здания завода, были захоронены в одном из открытых карьеров, где также были окончательно изолированы отвалы горных пород. После завершения работ по сносу здания вся территория производственной площадки была засыпана валунной глиной, обеспечившей питательную среду для развития местных древесных пород, высаженных на данном участке.

Площадка хвостохранилища

Данный участок представляет собой поверхностное хвостохранилище, сложенное плотинами и дамбами, занимающее территорию площадью около 70 га. В период эксплуатации месторождения здесь располагался участок с отвальными твердыми отходами, зона, куда сливали воду после декантации, и водоочистная установка (рис. 4.23).



Рис. 4.23. Вид на хвостохранилище Клафф Лейк в период ведения горных работ (слева) и после проведения работ по выводу из эксплуатации (справа)

С установки по переработке урановых руд не растворившаяся твердая масса отделилась в отходы методом декантации. Декантат вместе со сточными водами, поступающими из других источников, отводился по трубе на установку двухступенчатой очистки, обеспечивавшую осаждение ^{226}Ra .

Сейчас площадка хвостохранилища окружена двумя водоотводными каналами, благодаря которым поверхностный сток из лежащего выше дренажного бассейна, огибая площадку хвостохранилища, отводится в лежащий ниже водоем.

Проведение работ по выводу из эксплуатации на этом участке началось с засыпки территории хвостохранилища слоем валунной глины, укрепившей поверхностный слой земли. После чего была произведена экскавация дренажных каналов для обеспечения принудительного водоотведения с территории хвостохранилища, а поверхностный слой глины был засеян многолетними растениями. Дренажные каналы и растительный покров будут способствовать отводу дождевой и талой воды с площадки. При этом благодаря растениям (за счет процессов испарения и транспирации) увеличится количество влаги, поступающей в атмосферу, а объем воды, просачивающейся в хвостохранилище, сократится.

В целях получения достоверных сведений, позволяющих оценить показатели функционирования объекта в долгосрочной перспективе, были проведены масштабные работы по характеристике хвостохранилища и установлению геологических и гидрогеологических параметров площадки.

Одной из основных задач текущего этапа программы мониторинга является проверка правильности предположений, выдвинутых в рамках оценки долгосрочной безопасности данного объекта. Для этих целей в 2010 году на его территории было установлено 7 пьезометров, а в 2012 году их количество было увеличено до 13. Их основная задача – собрать дополнительную гидрогеологическую информацию для сравнения реальных данных с выдвинутыми в рамках оценки безопасности предположениями [2].

Зона добычи урановых руд

В Клафф Лейк горные работы проводились в четырех открытых карьерах и двух подземных рудниках. Один из открытых карьеров и относящиеся к нему отвалы горных пород были рекультивированы в середине 1980-х гг. Результаты анализа проб воды, отобранных в обводненном карьере, свидетельствуют о непревышении допустимых концентраций, установленных для поверхностных вод.

Два открытых карьера использовались для захоронения отвалов горных пород. При этом в одном из них были также изолированы промышленные отходы, образовавшиеся в ходе эксплуатации и вывода из эксплуатации объектов Клафф Лейк, здания перерабатывающего завода.



Рис. 4.24. Зона добычи урановых руд: во время эксплуатации месторождения (а); после проведения работ по выводу из эксплуатации (б) и через 20 лет после проведения работ по выводу из эксплуатации, но до озеленения территории (в)

Основная часть работ, реализованных в рамках проекта по выводу из эксплуатации данного объекта, включала:

- демонтаж и ликвидацию всех наземных сооружений, а также захоронение строительных конструкций;
- запечатывание всех вскрывающих выработок (стволов шахт и вентиляционных шахт), ведущих к двум подземным рудникам, обеспечивая их естественное обводнение;
- перемещение отвалов горных пород в целях проведения работ по засыпке одного из открытых карьеров. Затем были выполнены работы по его повторному оконтуриванию и озеленению территории;
- часть отвальных горных пород другого открытого карьера была перемещена, произведены работы по его повторному оконтуриванию, что обеспечило естественное обводнение карьера, превратив его в небольшое озеро, вода из которого на данный момент удовлетворяет стандартам качества, установленным для поверхностных вод;
- повторное оконтуривание и озеленение всех нарушенных участков.

Список литературы к главе 4

1. Overview of the Government of Canada Nuclear Legacy Liabilities Program, D. Metcalfe, D. McCauley, J. Miller, S. Brooks, WM2013 Conference, February 24 – 28, 2013, Phoenix, Arizona, USA.
2. 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.
3. Management of Legacy Spent Nuclear Fuel Wastes at the Chalk River Laboratories: Operating Experience and Progress Towards Waste Remediation, D.S. Cox, I.B. Bainbridge, K.R. Greenfield, WM2005 Conference, February 27 – March 3, 2005, Tucson, Arizona, USA.
4. Recent Developments in Decommissioning and Radioactive Waste Management in Canada, W.C.H. Kupferschmidt & M.E. Stephens, WATEC Presentation, September 29 – October 3, 2003.
5. OECD/NEA, Radioactive Waste Management Programmes in OECD/NEA Member Countries, Canada, Profile, Organization for Economic Cooperation and Development/ Nuclear Energy Agency, 2012.
6. World Nuclear Association, Nuclear Power in Canada (updated February 2015).
7. Radioactive Waste Management and Contaminated Sites Clean-Up, Processes, technologies and international experience, Edited by William E. Lee, Michael I. Ojovan and Carol M. Jantzen, Woodhead Publishing Limited, 2013.
8. Environmental Remediation of Uranium Production Facilities, A Joint Report by the OECD Nuclear Energy Agency and the International Atomic Energy Agency, OECD, 2002.
9. Proceedings of the Topical Session of the RWMC 40th Meeting on: Approaches and Practices in Decommissioning of Facilities and Management of Radioactive Waste from Non-Nuclear Fuel Cycle Related Activities, NEA-RWM(2007)
10. Stored Liquid Waste Remediation Program, Phase 1 at Chalk River Laboratories, R.P. Denault, P. Heeney, E. Plaice, K. Schruder and others, WM2005 Conference, February 27 – March 3, 2005, Tucson, Arizona, USA.
11. Wall-and-Curtain for Subsurface Treatment of Contaminated Groundwater, David R. Lee, Dale S. Hartwig.
12. Permeable Active Barriers Action Team, Permeable Active Barriers Installation Profiles, Chalk River Laboratories, Ontario, Canada.
13. Whiteshell Laboratories Decommissioning, 50th Anniversary Lecture, Grant Koroll, AE-CL, July 19, 2013.
14. Recent Developments in Decommissioning and Radioactive Waste Management in Canada, W.C.H. Kupferschmidt & M.E. Stephens, WATEC Presentation, September 29 – October 3, 2003.
15. The Port Hope Initiative: Addressing the Socio-Economic Impacts of a Large Low-Level Radioactive Waste Clean-up Project, Eric Advocaat & Cassandra Johnson, Conference Proceedings, the Art and Science of Impact Assessment, 28th Annual Conference of the International Association for Impact Assessment, 4-10 May, 2008, Perth, Australia.
16. Port Hope Initiative (PHAI) Evaluation of the Transition Phase, Evaluation Report, Natural Resources of Canada, 2011.

17. New Long-Term Waste Management Facility, Port Hope Project, Port Hope Initiative (www.phai.ca)
18. Port Hope Area Initiative, Clarington Board of Trade, Contractors Breakfast, June 11, 2014.
19. Port Hope Project Water Treatment Plant, Port Hope Project, Port Hope Initiative (www.phai.ca)
20. New Port Granby Project Long-Term Waste Management Facility, Port Granby Project, Port Hope Initiative (www.phai.ca)
21. Port Granby Waste Water Treatment Plant, Port Granby Project, Port Hope Initiative (www.phai.ca)

Глава 5. Роль общественности и местных органов власти в проектах по реабилитации и очистке загрязненных территорий объектов ядерного наследия

США

ВЕЛИКОБРИТАНИЯ



§ 5.1. Предварительные замечания о роли общественности и местных органов власти в проектах по реабилитации и очистке загрязненных территорий объектов ядерного наследия

За последние два десятилетия в мире коренным образом изменилось представление о роли общественного мнения и уровне вовлеченности населения в самые разнообразные государственные и негосударственные проекты, связанные с тематикой защиты окружающей среды. К таким проектам, несомненно, следует отнести работы по выводу из эксплуатации, очистке и реабилитации загрязненных территорий, проводимые на объектах ядерного наследия по всему миру. С конца 1980-х – начала 1990-х гг. роль общественности в принятии решений по таким проектам существенно изменилась, повысился и всеобщий интерес к вопросам защиты окружающей среды, безопасности ядерных технологий, воздействия радиации на человека и окружающую среду, обращения с радиоактивными отходами.

В 1990-е годы столь резкие изменения негативно сказались на темпах реализации программ по обращению с радиоактивными отходами: во многих странах отрасль оказалась не готова решать проблемы, связанные с недовольством широкой общественности в целом и протестами местных жителей на конкретных площадках в частности. Ведь до этого основное внимание специалистов, работающих в сфере вывода из эксплуатации, реабилитации и обращения с РАО, было сосредоточено на сугубо технических вопросах, которые, как правило, решались между операторами ядерных установок и регулирующими органами. Местных жителей привлекали к участию лишь на заключительных стадиях таких проектов, когда все основные решения уже были приняты [1].

Однако такая практика осталась в прошлом. Сегодня эксперты во всем мире сходятся во мнении, что любые вопросы, связанные с проектами по выводу из эксплуатации, обращению с РАО и реабилитации загрязненных территорий, должны решаться комплексно с учетом всех аспектов технического, этического, социального, политического и экономического характера. При этом одним из залогов их успешной реализации является построение открытого диалога со всеми заинтересованными сторонами (в том числе с широкой общественностью, местными жителями и местными органами власти), а также обеспечение открытости и прозрачности процесса принятия решений.

За последние десятилетия было проведено множество национальных и международных исследований, посвященных вопросам повышения эффективности взаимодействия с заинтересованными сторонами, в том числе серия проектов «Cowam»* под эгидой NEA-OECD, проект МАГАТЭ по оценке социально-экономических аспектов и уровня вовлеченности общественности при реализации проектов по созданию пунктов захоронения НАО и САО и др. Следует отметить, что широко используемый в этих проектах термин «заинтересованные стороны»** охватывает целый ряд лиц, имеющих то или иное отношение к подобным проектам. В свою очередь, заинтересованные стороны принято разделять на группы в зависимости от тематики проблем, представляющих наибольший интерес для конкретной стороны. На рис. 5.1 представлены четыре группы интересов: финансовые, технические, социальные и экологические. Жирным шрифтом выделены заинтересованные стороны, для которых проблемы, отнесенные к той или

*англ. Community Waste Management.

**англ. stakeholders – это лицо или группа лиц, обладающих определенными интересами или играющими определенную роль в процессе принятия решений по проекту.

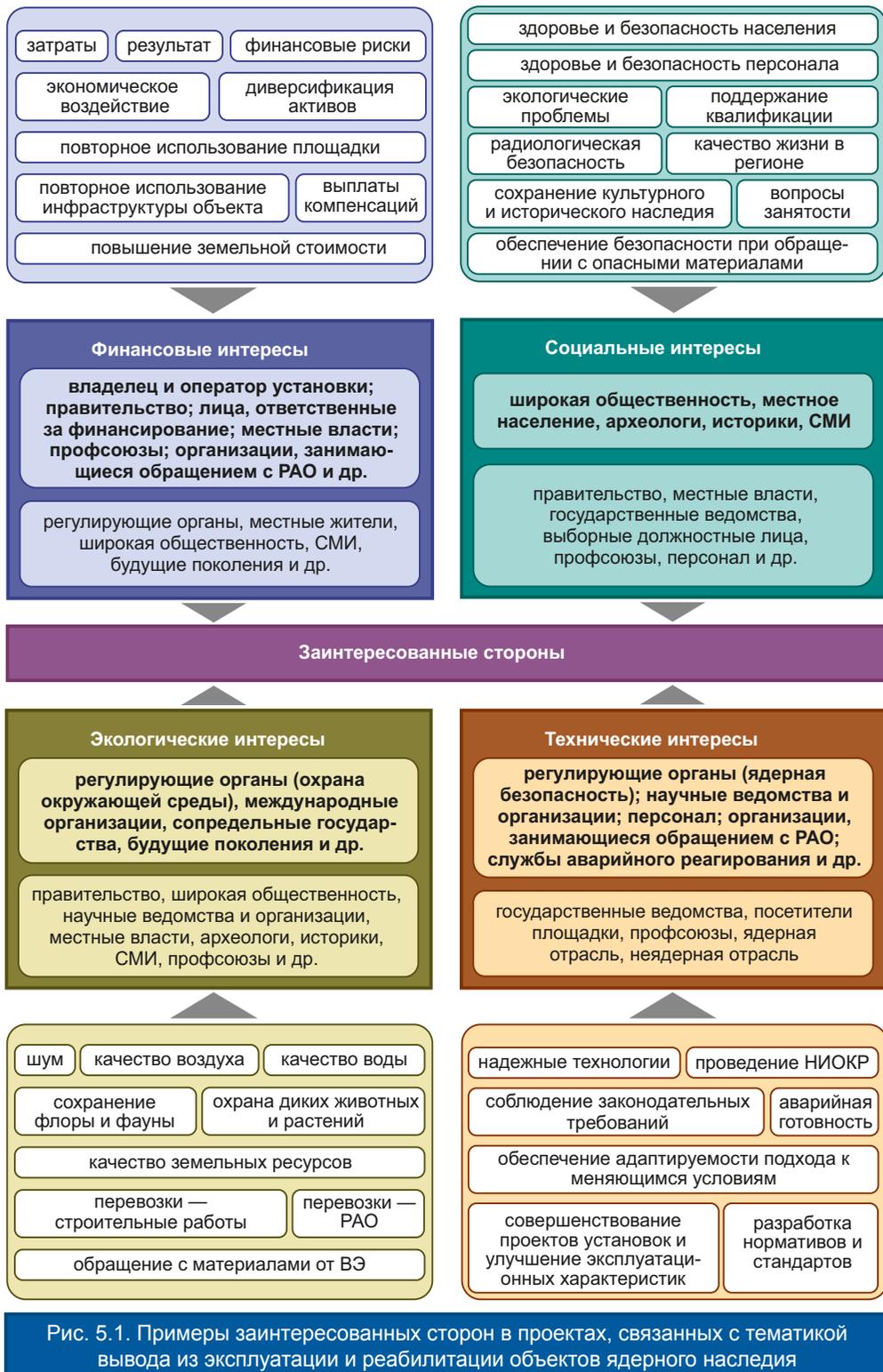


Рис. 5.1. Примеры заинтересованных сторон в проектах, связанных с тематикой вывода из эксплуатации и реабилитации объектов ядерного наследия

инной группе, представляют наибольший интерес. Сразу следует оговориться, что в контексте данной главы под «заинтересованными сторонами» в первую очередь будут пониматься общественность, местные жители и местные органы власти.

Как видно из рис. 5.1, интересы заинтересованных сторон могут сильно различаться. В качестве примера рассмотрим ядерную установку, расположенную вдали от крупных населенных пунктов. В подобных случаях уровень жизни и благосостояние местного населения будет в значительной степени зависеть от функционирования такого объекта (налоги, взимаемые с его оператора, рабочие места и т. п.), а закрытие площадки способно нанести серьезный удар по местной экономике [2]. Типичной является ситуация, когда широкая общественность и СМИ выступают за скорое закрытие объекта, в то время как реакция местных жителей на прекращение деятельности на площадке может варьироваться от нейтральной до резко негативной (особенно в случае внезапного закрытия установки). В таких случаях операторы, регулирующие органы и представители государственных органов власти должны стремиться привлечь население к процессу принятия решений.

Также за рубежом широкое распространение получила практика выплат денежных компенсаций за ущерб, наносимый местной экономике в результате закрытия ядерных объектов. Например, в Великобритании NDA (Управление по выводу из эксплуатации ядерных объектов Великобритании) инвестировало порядка £60 000 (или \$120 000) в развитие экологически чистых энергетических технологий в Даунрее [3]. Кроме того, правительством Великобритании был утвержден фонд субсидий, из которого средства в размере £30 000 ежегодно перечисляются муниципалитетам, зависящим от работы Селлафилдского комплекса [4]. На самом деле деятельность исследовательского центра в Даунрее стала одним из факторов, повлиявших на утроение за последние 20 лет численности населения в близлежащих населенных пунктах [5]. При этом одно из трех рабочих мест в этом графстве тем или иным образом связано с деятельностью по выводу из эксплуатации.

Вопросы взаимодействия с общественностью, местными жителями и местными органами власти также стоят в центре внимания при осуществлении проектов по выводу из эксплуатации и реабилитации объектов ядерного наследия в США. Например, в Хэнфорде была создана специальная инициативная группа по взаимодействию с заинтересованными сторонами при ликвидации пяти радиохимических заводов, расположенных на площадке, что позволило учесть интересы всех заинтересованных сторон при реализации этого проекта. Далее на примере США и Великобритании будут подробно рассмотрены основные механизмы взаимодействия с общественностью и местными органами власти в ходе осуществления проектов по выводу из эксплуатации ядерных установок и реабилитации загрязненных территорий на площадках ядерного наследия.

§ 5.2. Эволюция механизмов взаимодействия с общественностью

Механизмы взаимодействия с общественностью при реализации проектов, связанных с вопросами защиты окружающей среды, складывались в течение десятилетий и прошли несколько этапов становления (табл. 5.1). Исторически сложилось так, что в большинстве случаев взаимодействие с общественностью происходило по схеме «решение – оповещение – защита»*.

*англ. «Decide – Announce – Defend».

Табл. 5.1. Уровни привлечения заинтересованных сторон к участию в проектах по очистке и реабилитации загрязненных территорий

Уровень привлечения заинтересованных сторон	Сущность и особенности	Механизмы реализации
Решение – оповещение – защита	<ul style="list-style-type: none"> ◆ пассивный односторонний характер взаимодействия; ◆ общественность не имеет возможности повлиять на принимаемые решения; ◆ общественность информируется уже после принятия всех решений по площадке. 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ сайты в интернете; ◆ почтовая рассылка; ◆ видео; ◆ листовки; ◆ публикации в прессе.
Информирование	<ul style="list-style-type: none"> ◆ пассивный односторонний характер взаимодействия; ◆ общественность не имеет возможности повлиять на принимаемые решения; ◆ общее информирование населения и широкой общественности о текущих масштабах загрязнения на площадке, выявленных проблемах и потенциальных способах их решения. 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ сайты в интернете; ◆ почтовая рассылка; ◆ информационные стенды; ◆ проведение технических туров на площадку; ◆ видео; ◆ листовки; ◆ публикации в прессе; ◆ горячие телефонные линии; ◆ выездные выставки; ◆ открытие информационных центров на площадках.
Информационное взаимодействие	<ul style="list-style-type: none"> ◆ активная двухсторонняя связь; ◆ информирование населения до момента принятия решений по площадке; ◆ учет мнений и соображений, высказанных заинтересованными сторонами при принятии решений. 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ консультации с местными жителями; ◆ проведение технических туров и экскурсий; ◆ проведение семинаров/общественных слушаний и встреч с представителями эксплуатирующей организации; ◆ распространение информационных анкет; ◆ выездные выставки; ◆ организация дней открытых дверей; ◆ открытие информационных центров на площадках.
Активное участие	<ul style="list-style-type: none"> ◆ активная двухсторонняя связь; ◆ информирование населения до момента принятия решений по площадке; ◆ активный учет мнений и соображений, высказанных заинтересованными сторонами при принятии решений. 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ консультации с местными жителями; ◆ проведение семинаров/общественных слушаний и встреч с представителями оператора.

При таком подходе оператор площадки собственноручно оценивает масштабы и уровни загрязнения, после анализа возможных альтернатив на основании технических и нормативных критериев принимает решение о проведении тех или иных мероприятий, реализует соответствующую программу работ на площадке и лишь после этого информирует заинтересованные стороны о проделанной работе. В ряде стран этот подход применяется и по сей день. В некоторых случаях такая практика обусловлена сложившейся «традицией» и отсутствием соответствующих ожиданий у населения. С другой стороны, в некоторых странах укоренился стереотип о том, что ученые и другие специалисты, ответственные за принятие решений, лучше понимают ситуацию, а широкая общественность не сможет до конца разобраться в сущности проблем даже после проведения консультаций и обсуждения всех связанных с проектом вопросов [6].

Следующий уровень привлечения заинтересованных сторон – «информирование»*. В этом случае оператор площадки представляет заинтересованным сторонам сведения по результатам проведенной им оценки выявленного загрязнения и предлагаемым планам действий. Несмотря на очевидные преимущества этого подхода по сравнению с предыдущим, он по-прежнему предполагает односторонний характер связи – пожелания, опасения, позиции заинтересованных сторон не учитываются оператором в процессе принятия решений.

Двухстороннюю связь предполагает уровень «информационного взаимодействия с заинтересованными сторонами»** . На этом уровне оператор площадки информирует заинтересованные стороны о результатах оценки выявленного загрязнения, оглашает свои намерения по его устранению и, используя механизмы «обратной связи», стремится получить наиболее полное представление о взглядах общественности и местных жителей на рассматриваемую проблему.

Еще больше двухсторонний характер связи между оператором площадки и заинтересованными сторонами проявляется на уровне «активного участия»*** . Этот подход позволяет общественности непосредственно участвовать в процессе принятия решений. Одной из возможных форм реализации этого уровня взаимодействия является проведение семинаров по обсуждению достоинств и недостатков того или иного альтернативного решения, направленного на устранение выявленной проблемы. Выбор наиболее оптимального решения, как правило, осуществляется на основании так называемого Многокритериального анализа возможных решений**** .

В табл. 5.2 приведен перечень наиболее распространенных механизмов, позволяющих осуществлять взаимодействие с заинтересованными сторонами. При этом одни механизмы позволяют охватить более широкую аудиторию (распространение листовок), а другие меньшее количество людей (проведение семинаров/общественных слушаний). Кроме того, следует понимать, что эффективность механизмов может варьироваться в зависимости от конкретного проекта, а также региона и страны, где этот проект реализуется. Таким образом, механизм, хорошо зарекомендовавший себя при реализации одного проекта, может оказаться абсолютно неэффективным в другом случае. Немаловажную роль при этом могут сыграть исторические и культурные особенности – факторы, которые обязательно следует учитывать при разработке программы взаимодействия с заинтересованными сторонами [7].

§ 5.2. Роль общественности и местных органов власти при реализации проекта реабилитации в Хэнфорде (США)

5.2.1. Хэнфордский план по взаимодействию с общественностью

В каждой стране сложились свои подходы к реализации механизмов взаимодействия с общественностью. Например, в рамках программ по очистке загрязненных территорий, реализуемых Министерством энергетики США, часть функций по информированию общественности и привлечению местного населения к участию в процессе принятия решений возложена на Особые консультативные комитеты***** , учреждаемые на

*англ. stakeholder communication.

**англ. stakeholder engagement.

***англ. active participation.

****англ. Multi Attribute Decision Analysis (MADA)

*****англ. Site Specific Advisory Board (SSAB).

Табл. 5.2. Примеры некоторых механизмов взаимодействия с общественностью

Механизм взаимодействия	Сущность	Достоинства	Недостатки
Муниципальная консультативная комиссия/группы взаимодействия с общественностью	Небольшие группы, состоящие из лиц, представляющих интересы разных заинтересованных сторон или области профессиональных интересов (например, главы муниципалитетов), организуют совещания по обсуждению проблемных вопросов и озвучивают свои позиции.	<ul style="list-style-type: none"> ♦ всестороннее обсуждение выявленных проблем, подходов к их решению и связанных с ними сложностей; ♦ укрепление доверия заинтересованных сторон. 	<ul style="list-style-type: none"> ♦ не все заинтересованные стороны могут быть представлены в комиссии; ♦ это длительный процесс, требующий вложения больших ресурсов, чем в случае применения большинства других механизмов; ♦ участники комиссии должны взять на себя определенные обязательства.
Гражданское жюри	Группа граждан, представляющих интересы жителей муниципалитетов, созданная для обсуждения вариантов реализации проекта или отдельных проблем. К процессу обсуждения зачастую привлекают сторонних экспертов и проводят «перекрестные допросы». По окончании работы жюри публикуется итоговый отчет с выводами членов жюри.	<ul style="list-style-type: none"> ♦ всестороннее обсуждение выявленных проблем в течение достаточно короткого периода времени; ♦ фиксация расхождений во мнениях. 	<ul style="list-style-type: none"> ♦ не все заинтересованные стороны могут быть представлены; ♦ из-за устанавливаемых временных ограничений участникам может не хватить времени для всестороннего анализа представленной информации.
Конференции по достижению консенсуса	Форум, в ходе которого группа граждан, выбранных для представления интересов широкой общественности, задает вопросы экспертам, специализирующимся в различных областях, связанных с реализацией проекта, анализирует полученные ответы, проводит обсуждение выявленных проблем и составляет итоговый отчет. Подобные конференции также могут быть использованы для достижения консенсуса между экспертами.	<ul style="list-style-type: none"> ♦ уникальная возможность взглянуть на проблемы с точки зрения рядовых граждан; ♦ возможность урегулирования споров. 	<ul style="list-style-type: none"> ♦ не все заинтересованные стороны могут быть представлены; ♦ ограничение по времени проведения.
Плюралистическая экспертная группа	Группа, состоящая из экспертов – представителей государственных органов власти, общественных организаций и т. п., созданная для обсуждения возможных вариантов реализации проекта или связанных с проектом проблем. Состав группы может быть расширен и включать сторонних экспертов и рядовых граждан/местных жителей	<ul style="list-style-type: none"> ♦ механизм достижения консенсуса по техническим вопросам; ♦ при умелой организации может быть использован в целях информирования широкой общественности. 	<ul style="list-style-type: none"> ♦ сложность учета мнений рядовых граждан по сложным научно-техническим вопросам; ♦ в основном рассматриваются чисто научные и технические проблемы; ♦ ограничения по времени проведения и другим ресурсам.
Форумы по организации диалога с заинтересованными сторонами	Обмен мнениями и знаниями между различными заинтересованными сторонами.	<ul style="list-style-type: none"> ♦ обеспечение наибольшего уровня вовлечения общественности в процесс принятия решений; ♦ мнения всех заинтересованных сторон учитываются и могут быть адаптированы к решению рассматриваемых проблем; ♦ подходит для решения спорных вопросов благодаря четкому разделению групп заинтересованных сторон и решаемых ими задач 	<ul style="list-style-type: none"> ♦ не все заинтересованные стороны могут быть представлены; ♦ гибкость данного подхода одновременно является и достоинством и недостатком, так как по ключевым вопросам может быть принято «компромиссное решение»; ♦ необходимо обеспечить четкое разделение задач между различными группами заинтересованных сторон.

каждой крупной площадке, где проводятся работы по выводу из эксплуатации и восстановлению качества окружающей среды. К настоящему времени такие комитеты учреждены на восьми площадках DOE, в том числе в Ок-Ридже, Саванна-Ривер, Портсмуте и Хэнфорде. В состав SSAB обязательно входят представители всех групп населения, на которых проведение работ по очистке и реабилитации может оказать непосредственное воздействие, а также представители научных кругов, промышленности, местных органов власти, коренных народов и экологических организаций. Основная задача SSAB заключается в разработке собственных рекомендаций, которые оператор площадки должен принимать во внимание при осуществлении работ, а также в информировании местного населения и общественности по ключевым вопросам [8].

Рассмотрим этот механизм более подробно на примере организации процесса взаимодействия с заинтересованными сторонами в Хэнфорде. Работа Консультативного комитета по Хэнфорду организована в рамках так называемого Хэнфордского плана по взаимодействию с общественностью, описывающего общую процедуру привлечения местного населения к процессу принятия решений по проектам, связанным с выводом из эксплуатации и очисткой загрязненных территорий. Следует отметить, что требование к обязательной разработке подобных планов прописано на уровне федерального законодательства (National Cotignency Plan, 300.430(c)), и на данный момент действует уже пятая редакция плана по Хэнфорду (от 2011 года), впервые принятого еще в 1990 году [9].

Прежде чем перейти к описанию ключевых положений Плана, напомним, что основными участниками данного проекта является Министерство энергетики США, представленное на площадке региональными отделениями Ричлэнд Оперейшенз* и Ривер Протекшен**, и Агентство по защите окружающей среды (EPA), выступающее основным органом, регулирующим и контролирующим деятельность DOE по очистке площадки и обращению с РАО. Часть регулирующих полномочий EPA была передана Экологическому департаменту штата Вашингтон (Ecology) и Департаменту здравоохранения штата Вашингтон (DOH). В рамках программы Экологического департамента по обращению с РАО это ведомство осуществляет надзор за деятельностью DOE по обращению с РАО, в частности с отходами, извлекаемыми из подземных резервуаров-хранилищ. Кроме того, Ecology следит за соблюдением требований безопасности при проведении работ по очистке загрязненных территорий. EPA контролирует выполнение DOE норм и требований, прописанных в CERCLA (закон о Суперфонде).

В 1989 году DOE, Ecology и EPA заключили Трехстороннее соглашение о действиях по очистке территории Хэнфордского комплекса*** (ТРА), обеспечившее нормативно-правовую основу для проведения всех последующих работ по очистке загрязненных территорий, а также утвердившее приблизительный график приведения условий на площадке в соответствие с требованиями экологического законодательства (CERCLA, HWMA, RCRA) [10].

ТРА состоит из двух основных документов:

- договора, обладающего обязательной юридической силой, описывающего роли,

*англ. Richland Operations Office (RL) отвечает за проведение работ по очистке территорий, расположенных вдоль русла реки Колумбия, и центральной части площадки, а также за управление инфраструктурой и обеспечение физической безопасности.

**англ. Office of River Protection (ORP) отвечает за реализацию проектов по извлечению отходов из подземных резервуарных хранилищ, их переработку и захоронение.

***англ. Hanford Federal Facility Agreement and Consent Order (Tri-Party Agreement).

зоны ответственности и полномочия сторон при проведении работ по очистке территории площадки, выполнению требований экологического законодательства, а также условия получения разрешительных документов оператором площадки. Кроме того, в нем описаны процедуры разрешения споров и меры обеспечения принудительного исполнения правовых предписаний;

- плана действий, описывающего меры, направленные на очистку площадки, включая приблизительный график работ с указанием промежуточных целевых показателей. Кроме того, в ТРА изложены требования к составлению бюджетных заявок на финансирование работ, проводимых на площадке.

Положения самого соглашения непрерывно дорабатываются по мере эволюции знаний о площадке, пересматриваются и графики проведения работ (промежуточные целевые показатели). Так, первоначальная версия ТРА насчитывала всего 161 контрольный промежуточный этап осуществления работ, а сегодня график составлен для более 1 500 таких этапов.

Помимо этого, в ТРА представлено общее описание мероприятий по привлечению общественности к участию в проекте, на основании которого и был разработан так называемый План по взаимодействию с общественностью. Его основная задача – предоставление общественности возможности для участия в процессе принятия решения, что позволило бы скорректировать принимаемые DOE, EPA и Ecology решения в соответствии с позициями населения.

Разработанная процедура привлечения населения предусматривает публикацию всех сведений о сроках проведения и тематике общественных обсуждений, заседаний, совещаний и слушаний по адресу <http://www.ecy.wa.gov/programs/nwp/public.html>. На этом сайте любой желающий может подписаться на почтовую рассылку, информирующую о планируемых мероприятиях.

Другими механизмами привлечения общественности являются: объявления на страницах в социальных сетях, реклама в местных и региональных печатных изданиях, на радио и телевидении и т. п. Основная задача регулирующих органов и DOE – уведомить население за 30–45 дней до запуска процесса общественных обсуждений или общественных консультаций.

В своей работе регулирующие органы и DOE стремятся подготовить такие информационные сообщения, которые бы позволили привлечь внимание максимально большого числа местных жителей и побудить их к участию в процессе принятия решений, посещению общественных слушаний или информационных встреч. Как правило, информационные сообщения такого рода включают:

- четкое описание предложения (например, по выполнению тех или иных работ на площадке);
- описание способов привлечения общественности к процессу принятия решений по данному предложению и перечень информационных источников;
- сроки проведения консультаций с общественностью;
- сведения о слушаниях и других информационных встречах с указанием места и времени их проведения (если это предусмотрено положениями действующего законодательства).

Требования относительно продолжительности общественных консультаций прописаны в федеральном законодательстве, а также в законодательных нормах, действующих на уровне отдельных штатов. Обычно их продолжительность не превышает 30–45 дней. В отдельных случаях DOE, EPA и Ecology могут быть направлены заявки на продление этого срока.

Материалы, представляемые в ходе общественных консультаций, направляются в региональные офисы Общественных информационных хранилищ, посетить которые может любой желающий. Кроме того, все материалы публикуются на веб-сайте по адресу: <http://www5.hanford.gov/argpir/>, а также предоставляются по запросу при обращении по адресу электронной почты Hanford@esu.wa.gov или по телефону горячей линии.

По окончании очередного этапа общественных консультаций DOE, EPA и Ecology должны проанализировать все высказанные замечания и предложения, а итоговый отчет, описывающий меры, принятые для их учета, должен быть опубликован не позднее 90 дней с момента окончания консультаций. О любых задержках с публикацией отчета, связанных с большим объемом или сложностью полученных замечаний, общественность должна быть своевременно проинформирована посредством обычной или электронной почты. Точно также общественность информируется о принятии любых значимых решений по площадке, изменениях в графике реализации промежуточных этапов работ и т. п. Соответствующие документы и материалы также доступны для ознакомления на сайте, указанном выше, или в региональных офисах Общественных информационных хранилищ.

Еще одним механизмом привлечения общественности является регулярное проведение общественных информационных встреч* (в терминологии Ecology «общественных слушаний»**), позволяющих выявить позиции заинтересованных сторон и ожидания местных жителей от выполнения тех или иных работ по очистке территории Хэнфордского комплекса. Для повышения эффективности и результативности подобных мероприятий DOE и EPA заблаговременно (за 30–45 дней) предоставляют населению всю необходимую информацию, используя описанные выше источники. Кроме того, организаторы стараются заранее выявить вопросы, вызывающие повышенный интерес или озабоченность у населения и других заинтересованных сторон. Для этого они проводят обсуждения с представителями коренных народов, местных органов власти и властей штата Орегон***, Консультативного комитета по Хэнфорду и других заинтересованных сторон. Далее, основываясь на полученной информации и требованиях законодательства, определяется потребность в проведении информационных встреч и общественных слушаний. Так, например, если в ходе предварительной работы будет получено лишь небольшое число замечаний и комментариев по реализуемым на площадке проектам, то организаторы могут принять решение о проведении серии неформальных встреч с заинтересованными представителями общественности вместо организации масштабных информационных встреч. Однако такое решение не должно противоречить требованиям законодательства.

Помимо вопросов, касающихся работ, осуществляемых на площадке, общественность также принимает участие в обсуждении вопросов финансирования. Окончательное решение о размере денежных средств, ежегодно выделяемых на проведение работ

*англ. public information meetings.

**англ. public hearings.

***территории штата расположены ниже по течению реки Колумбия, кроме того, через этот штат осуществляются железнодорожные и автомобильные перевозки радиоактивных отходов [11].

на площадке, принимает Президент США и Конгресс. Данная процедура организована следующим образом. Сначала Ричлэнд Оперейшенз (RL) и Ривер Протекшен (ORP) формируют две отдельные бюджетные заявки и направляют их на рассмотрение в Министерство энергетики. Министерство энергетики собирает подобные заявки со всех площадок, находящихся в его ведении, и передает их на рассмотрение в Административно-бюджетное управление США*. В начале февраля каждого года Президент представляет Конгрессу Проект федерального бюджета, содержащий рекомендации по финансированию различных государственных министерств и ведомств (в том числе и DOE и EPA). Каждый год Палата представителей и Конгресс утверждает размер ассигнований бюджетных средств органам исполнительной власти и другим правительственным организациям и ведомствам. Федеральное законодательство предусматривает проведение, по крайней мере, одной информационной встречи по вопросам финансового обеспечения. В Хэнфорде такая встреча заинтересованных сторон с представителями RL и ORP проводится каждый год в начале весны. На ней RL, ORP, EPA и Ecology информируют население о том, каким образом принятые финансовые решения повлияют на график проведения работ на площадке, отвечают на вопросы заинтересованных сторон, выслушивают их комментарии и замечания, а также докладывают о любых изменениях, внесенных в проект работ по Хэнфорду в уже принятые решения. При необходимости организуют повторные встречи (как правило, осенью).

Кроме того, ежеквартально RL, ORP, EPA и Ecology проводят рабочие совещания по обсуждению уже принятых и планируемых мер по привлечению общественности к участию в процессе принятия решений по площадке. Посетить рабочие совещания может любой желающий, подписавшись на электронную рассылку их организаторов.

5.2.2. Участие общественности в процессе принятия решений по Хэнфорду

Теперь посмотрим на то, какое место отводится общественности и органам местной власти в процессе принятия решений по работам, проводимым в Хэнфорде. Напомним, что все эти работы осуществляются в рамках трех основных нормативно-правовых актов: TPA, CERCLA и HWMA**.

HWMA и сопутствующие нормативные акты регулируют вопросы обращения с опасными отходами (в том числе деятельность по их обработке, хранению и захоронению) в целях сведения к минимуму уровня опасности для здоровья человека и окружающей среды, обуславливаемого деятельностью на площадке. Эти нормы обеспечивают контроль над выполнением так называемого принципа «от колыбели до могилы»*** (т. е. от момента образования отходов до их окончательного захоронения), налагая соответствующие ограничения в области обращения с отходами на их производителей, лиц, осуществляющих их транспортировку, владельцев и операторов установок по обработке, хранению и захоронению опасных отходов. Кроме того, в этих нормах содержатся требования к реализации комплекса корректирующих мероприятий в случае сброса опасных отходов или их компонентов в окружающую среду.

Как уже отмечалось ранее, TPA, состоящий из двух основных документов, постоянно дополняется и дорабатывается, являясь одним из механизмов внесения изменений

*англ. Office of Management and Budget (OMB).

**Закон штата Вашингтон об обращении с опасными отходами.

***англ. Cradle-to-Grave approach.

в план работ по площадке. Такие изменения по большей части связаны с эволюцией знаний о площадке, а также появлением все более совершенных технологий очистки. На рис. 5.2 показана схема внесения изменений в ТРА. Инициатором внесения изменений может стать одна из сторон договора, однако именно DOE, ответственное за реализацию работ на площадке, выступает с подобными предложениями чаще всего.

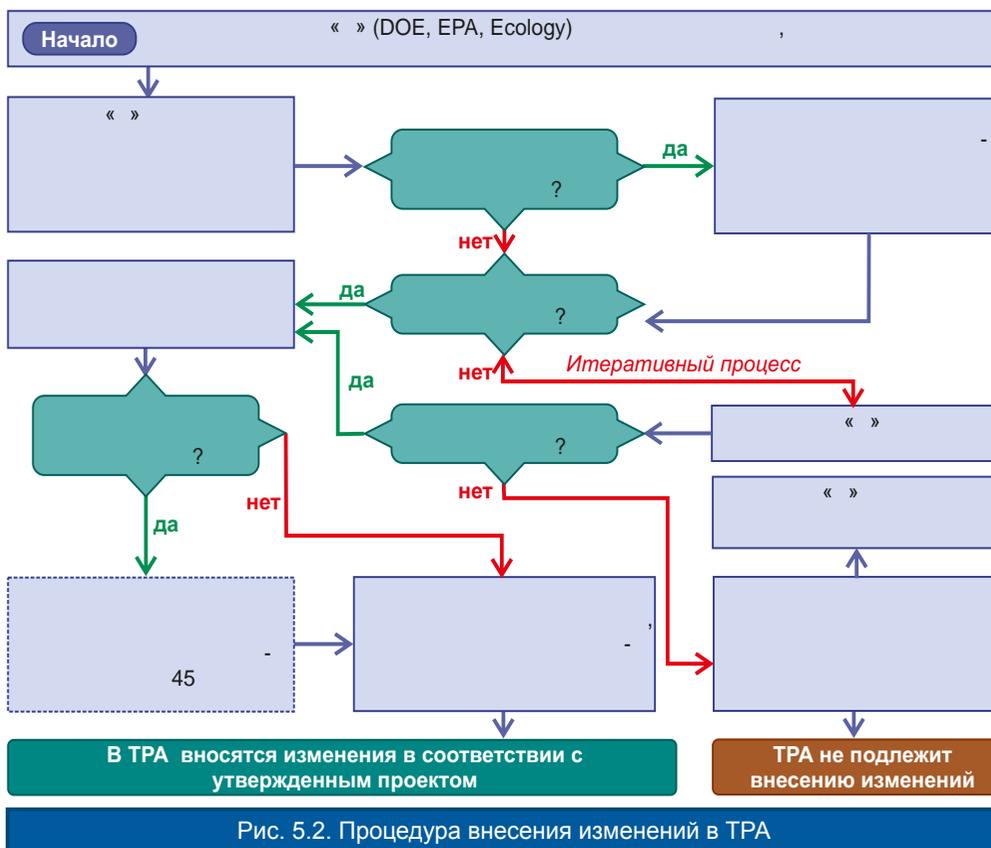


Рис. 5.2. Процедура внесения изменений в ТРА

Решение о проведении общественных консультаций принимается, исходя из значимости предлагаемых изменений. В случае если изменение оценивается как значимое, инициируется процесс привлечения общественности. На первом этапе рассмотрения запускается процедура «неформального привлечения общественности», позволяющая всем активным представителям общественности и другим заинтересованным сторонам задать интересующие их вопросы и высказаться по данной тематике (например, предложить альтернативы решению рассматриваемой проблемы). В рамках второго этапа организуются официальные консультации продолжительностью 45 дней, после которых на основании комментариев и предложений общественности в проект вносятся соответствующие изменения и поправки.

Ниже приведен список критериев, на основании которых оценивается значимость предлагаемых DOE, EPA, Ecology изменений:

- вносимое изменение может оказать значительное негативное воздействие на окружающую среду;

- вносимое изменение ассоциируется с одним из ключевых промежуточных этапов работ по очистке площадки;
- вносимое изменение может в значительной степени повлиять на соблюдение требований, прописанных в экологическом законодательстве, или положений ТРА;
- вносимое изменение может оказать влияние на заинтересованные стороны, коренные народы, профсоюзы, местных жителей или Хэнфордские инициативные группы;
- вносимое изменение регулируется в соответствии с законодательными требованиями или иными нормами, предусматривающими обязательное привлечение общественности к процессу принятия решений.

Помимо ТРА изменения в программу работ по площадке могут быть внесены и на основании других законов. Соответствующие процедуры описывают роль общественности при внесении подобных изменений. Во-первых, внесение изменений может произойти на основании Закона о сохранении и восстановлении ресурсов (RCRA), принятого Конгрессом США в 1976 году. Закон предусматривает реализацию комплексного подхода при осуществлении мероприятий по обращению с опасными отходами (англ. Cradle-to-Grave approach) производителями таких отходов; лицами, осуществляющими их транспортировку; владельцами и операторами установок по обработке, хранению и захоронению в целях снижения объемов их образования. Деятельность по обращению с опасными отходами в Хэнфорде регулируется на основании положений специальной программы Экологического департамента штата Вашингтон, заменившей с разрешения EPA требования, прописанные в федеральной программе RCRA. Следует отметить, что требования штата Вашингтон в области обращения с опасными отходами в целом соответствуют прописанным в RCRA, а в некоторых случаях были установлены и более жесткие нормы. Ecology выдает разрешение на осуществляемую в Хэнфорде деятельность по обращению с опасными отходами. Такие разрешения содержат общие требования к организации работ на площадке и особые требования к проведению работ по переработке, хранению и/или захоронению опасных или смешанных отходов на отдельных установках*. Процедура принятия решений о выдаче новых разрешений, представленная на рис. 5.3, предусматривает проведение общественных обсуждений общей продолжительностью 45 дней. Прежде чем выдать разрешение DOE, Ecology должен проанализировать все мнения и замечания, представленные в ходе обсуждений. Результаты анализа публикуются в форме итогового отчета, содержащего обзор замечаний, высказанных заинтересованными сторонами, ответы представителей Департамента, а также обзор корректировок, внесенных в разрешение на основании высказанных общественностью предложений и мнений.

В соответствии с Нормами штата Вашингтон в области обращения с опасными отходами (Washington's Dangerous Waste Regulations, WAC 173-303-840(4)-(5)), общественные слушания следует проводить в случае, если общественность проявляет интерес к вопросам, связанным с выдачей разрешения и получения директором Департамента соответствующей заявки на их проведение. Подать такую заявку может любой желающий, отправив письмо на адрес обычной или электронной почты Директора с кратким описанием вопросов, предлагаемых для вынесения на общественные обсуждения.

* англ. Treatment, Storage and Disposal Units (TSD).

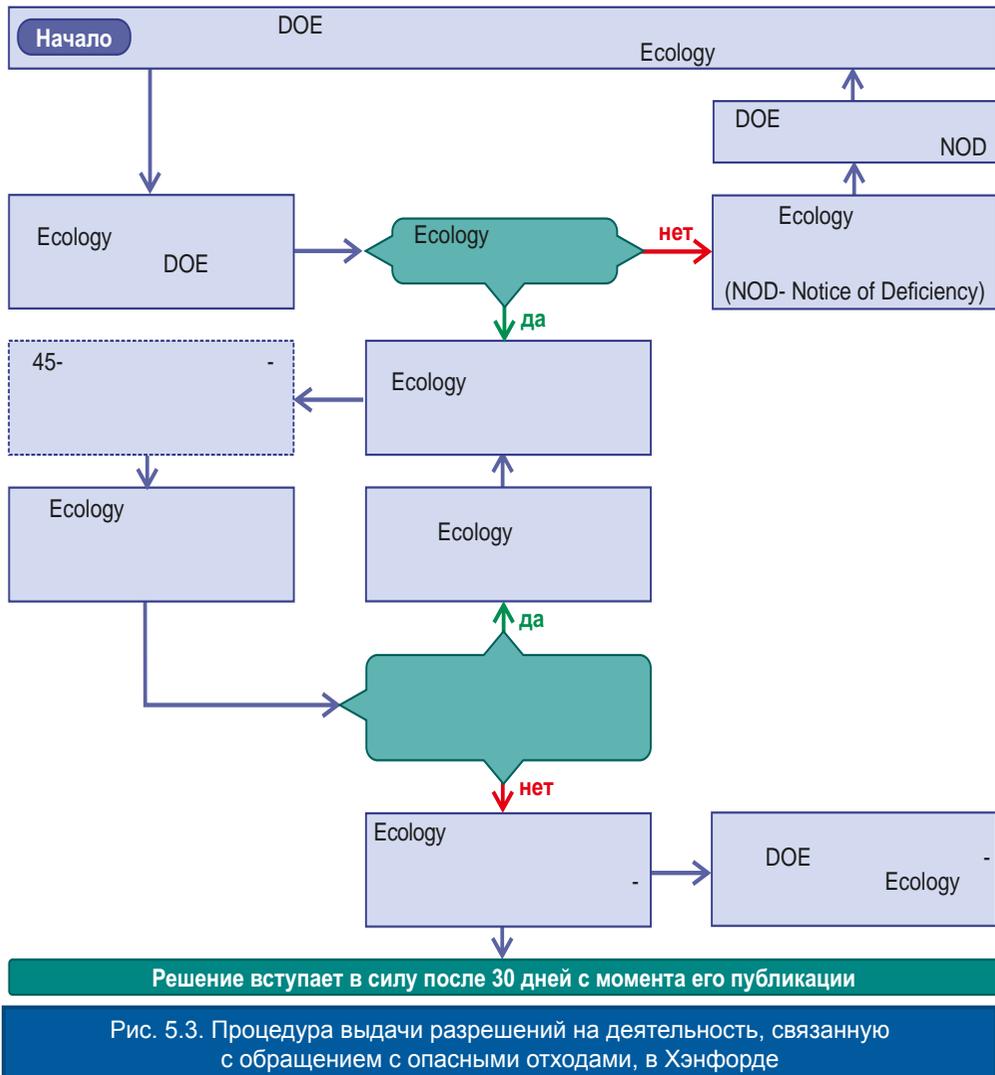


Рис. 5.3. Процедура выдачи разрешений на деятельность, связанную с обращением с опасными отходами, в Хэнфорде

Согласно положениям федерального законодательства, привлечение общественности к процессу принятия решений также предусмотрено и при внесении изменений в план работ по очистке площадки, осуществляемых в рамках Закона о действиях в отношении окружающей среды, компенсации и ответственности (CERCLA или Закона о Суперфонде) (рис. 5.4). Во исполнение положений закона DOE осуществляет разработку планов работ по очистке отдельных производственных участков, на которые разбита вся территория площадки. Оптимальный комплекс мер по очистке участка разрабатывается на основании анализа характеристик площадки и сопоставления различных вариантов организации работ и применения различных технологий. EPA и Ecology осуществляют регулирующий надзор за деятельностью DOE, направленной на соблюдение требований CERCLA. Протокол о принятии решения – документ, описывающий итоговое решение о реализации того или иного комплекса мер по очистке территории производственного участка, – должен быть одобрен EPA.

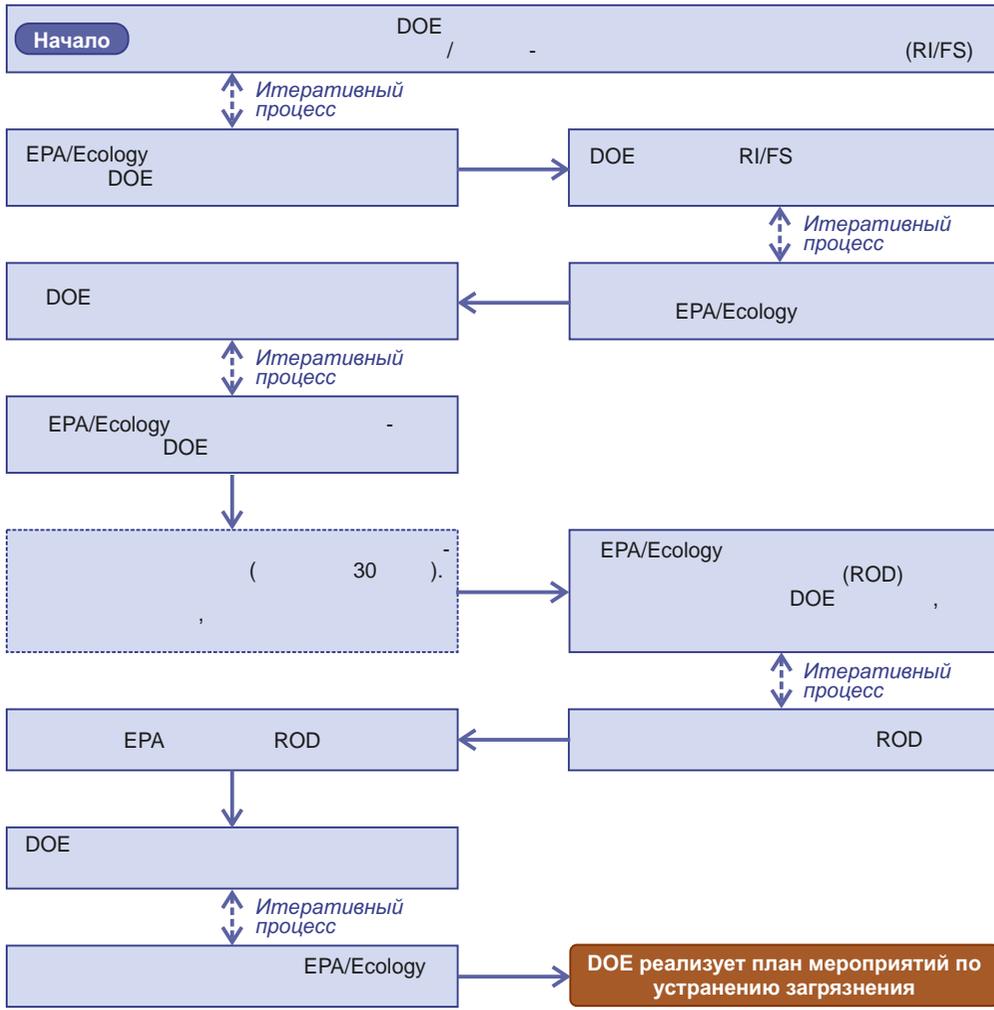


Рис. 5.4. Процедура принятия решений по Хэнфорду в рамках требований CERCLA

§ 5.3. Роль общественности и местных органов власти при реализации проектов по реабилитации объектов ядерного наследия в Великобритании

5.3.1. Информационно-образовательная сеть SAFEGROUNDS

Еще одним интересным примером деятельности, направленной на совершенствование механизмов взаимодействия с заинтересованными сторонами, является разработанная в Великобритании информационно-образовательная сеть SAFEGROUNDS*, созданная благодаря усилиям владельцев и операторов ядерных установок и целого ряда заинтересованных в таких проектах организаций. Основной задачей проекта стало

*англ. SAFEGROUNDS Learning Network (<http://www.safegrounds.com>).

формирование комплексного представления о распределении полномочий, ролей, зон ответственности и позиций всех сторон, участвующих в проектах по очистке территорий, подвергшихся химическому или радиоактивному загрязнению в ходе реализации военных программ в Великобритании [6]. Аббревиатура SAFEGROUNDS составлена из полного названия проекта: «SAFety and Environmental Guidance for the Remediation Of UK Nuclear and Defence Sites» («Руководство по обеспечению безопасности и охране окружающей среды при проведении работ по реабилитации ядерных и военных объектов Великобритании»). К настоящему времени эта сеть объединена с еще двумя: SAFESPUR (информационный форум по обсуждению вопросов вывода из эксплуатации ядерных и военных объектов в Великобритании) и SD:SPUR* (Вопросы рационального использования ресурсов при выводе из эксплуатации). Изначально целью проекта SAFEGROUNDS было выявление наиболее оптимальных методов организации работ по очистке загрязненных территорий с точки зрения обеспечения безопасности и защиты здоровья человека и окружающей среды, для этого предстояло решить ряд ключевых задач:

- разработать рабочее руководство по организации подобных работ, осуществлять его оптимизацию и содействовать распространению представленной в руководстве информации;
- организовать форум для проведения дискуссий, стимулировать участие заинтересованных сторон в таких дискуссиях;
- предоставлять информацию по всем связанным с подобными проектами вопросам, включая политические, нормативные и технические аспекты;
- осуществить разработку вспомогательной документации.

Сеть SAFEGROUNDS не закреплена за какой-то определенной площадкой, поэтому в ней систематизированы все знания о загрязненных объектах на всей территории Великобритании. Управление проектом поручено Ассоциации по исследованиям и информационному обеспечению в строительной индустрии** (CIRIA). Основную работу по проекту выполняет Координационный комитет, состоящий из представителей различных заинтересованных сторон, включая владельцев и операторов площадок, представителей регулирующих органов, местных властей, членов общественных организаций и т. п. Финансирование работ осуществляется за счет участников проекта, но большая часть средств поступает от операторов площадок и регулирующих органов. По последним данным, в работе Координационного комитета принимают участие свыше 200 членов, представляющих интересы более 100 организаций. Среди ключевых направлений работы Комитета значится рассмотрение 5 основных вопросов, связанных с обеспечением защиты здоровья человека и окружающей среды, разработкой эффективных механизмов привлечения заинтересованных сторон к процессу принятия решений, выявлением наиболее предпочтительных вариантов организации дальнейшего землепользования на площадках, анализом оперативных мер по устранению загрязнения, ведением учетной документации.

5.3.2. Организация взаимодействия с заинтересованными сторонами в рамках проекта по ликвидации ядерного наследия в Даунрее

В последнее время в Великобритании, как и в США, вопросам привлечения общественности к участию в процессе принятия решений по проектам вывода из эксплу-

*англ. Site Decommissioning: Sustainable Practices in the Use of Resources.

**англ. Construction Industry Research and Information Association.

атации и реабилитации объектов ядерного наследия уделяется все больше внимания. Ярким примером такого активного взаимодействия с общественностью является проект по очистке территории ядерного комплекса в Даунрее (Шотландия), площадью свыше 55 га, на которых расположено три закрытых ядерных реактора и более 180 вспомогательных установок, 50 из которых в прошлом подверглись радиоактивному загрязнению [12]. В октябре 2000 года был опубликован предварительный план работ по очистке территории комплекса – Dounreay Site Restoration Plan (DSRP). План предусматривал поэтапное уменьшение уровня опасности, обуславливаемой площадкой, за счет постепенного вывода из эксплуатации и ликвидации ядерных установок и оборудования, очистки загрязненного грунта, а также обработки радиоактивных отходов с целью приведения их в состояние, пригодное для долгосрочного хранения и окончательной изоляции. Всего в план было включено более 1 500 различных мероприятий, реализация которых была намечена до 2078 года. Однако после публикации плана на УКЕА (UK Atomic Energy Authority) обрушилась целая волна критики – ведь в процессе его разработки не было принято должных мер для привлечения общественности. Спустя год этот факт был признан официально, когда Консультативный комитет по проблемам обращения с радиоактивными отходами* (CORWM) рекомендовал пересмотреть положения плана с учетом мнений, высказываемых заинтересованными сторонами (в первую очередь местными жителями и представителями общественных организаций).

В 2002 году УКЕА была запущена специальная программа по взаимодействию с заинтересованными сторонами по проекту ликвидации ядерного наследия в Даунрее. Ее основная задача состояла в обеспечении максимально полного учета мнений всех заинтересованных сторон, включая местных жителей и широкую общественность, при определении наиболее оптимального варианта реализации работ на площадке и организации деятельности по обращению с РАО. На тот момент в список заинтересованных сторон проекта входило всего лишь 250 физических и юридических лиц.

Для активизации местного населения и создания мощной платформы для обмена мнениями была инициирована масштабная информационная кампания: УКЕА организовало почтовую рассылку рекламных листовок, заметки с призывом официально зарегистрироваться в качестве заинтересованных сторон проекта появились в национальных ежедневных газетах, на интернет-сайтах, информационных стендах общественных учреждений, включая дома культуры, поликлиники, библиотеки и т. п. Одновременно была произведена ревизия данных по 250 участникам, зарегистрировавшимся ранее, в ходе которой сотрудники УКЕА проверяли актуальность представленных в базе данных контактов и готовность этих лиц в дальнейшем получать информацию о проекте. Такие меры позволили за короткий срок повысить число зарегистрированных участников с 250 до 1 400. Затем заинтересованным сторонам, персоналу Даунрея и всем работникам вспомогательных производств и организаций были разосланы информационные материалы. На ознакомление с материалом и формирование собственных рекомендаций было отведено 12 недель. После чего специальная рабочая группа проанализировала все полученные комментарии и предложения по проекту и опубликовала итоговый отчет с описанием того, каким образом позиции заинтересованных сторон могут быть учтены при реализации проекта в Даунрее [13].

Следующим этапом кампании по взаимодействию с общественностью стало проведение масштабных консультаций с местными жителями. Им предшествовала

*англ. Radioactive Waste Management Advisory Committee

серия обсуждений с участием небольших фокус-групп. В 2003 году было создано три фокус-группы:

- рабочая группа, состоявшая из персонала, работающего в Даунрее, в том числе сотрудников субподрядных организаций, не принимающих непосредственное участие в реализации данного проекта. В составе группы были представлены служащие разной квалификации, возраста, обладающие разными профессиональными навыками и проживающие в разных населенных пунктах;
- молодежная рабочая группа, состоявшая из учеников выпускных классов местных школ;
- рабочая группа, состоявшая из представителей общественности. В ее состав входили представители советов нескольких округов, чьи интересы затрагивала реализация проекта в Даунрее.

В ходе серии заседаний были выявлены основные позиции заинтересованных сторон по трем основным вопросам:

- наиболее целесообразный подход к реализации практической деятельности на площадке с точки зрения охраны окружающей среды* (ВРЕО). В официальной терминологии под ВРЕО понимается набор процедур, которые бы позволили реализовать проект по очистке загрязненной территории и обращению с отходами при обеспечении защиты и сохранения окружающей среды. Такие процедуры разрабатываются с учетом заранее установленного набора задач, а наиболее целесообразным подходом считается тот, который обеспечивает максимальную пользу, причиняет наименьший ущерб окружающей среде, а также приемлем по уровню затрат как в краткосрочной, так и в долгосрочной перспективе;
- относительная значимость потенциальных эффектов, связанных с применением того или иного подхода;
- относительная значимость различных составляющих подходов, выбранных для их сопоставления.

Заседания рабочих групп начинались с презентации, кратко описывающей возможные варианты осуществления работ на площадке, сопутствующие трудности организационного и иного характера, потенциальные достоинства и недостатки каждой альтернативы. В презентации были также представлены основные причины, по которым некоторые альтернативы были отсеяны еще на ранних этапах разработки проекта. Кроме того, разработчики проекта объясняли, каким образом организована система количественной оценки альтернатив, какие критерии использовались при сопоставлении альтернатив и на основании чего они были установлены. Затем участники рабочих групп приступали к обсуждению данных вопросов с разработчиками проекта. На заключительной части заседаний участники рабочих групп делились своими мнениями, позициями и рекомендациями относительно различных альтернатив. Основной упор в таких обсуждениях делался на:

- обсуждению вопросов, связанных с выбором оптимального решения по обращению с низкоактивными отходами, которые уже были захоронены в пункте окончательной изоляции;

*англ. Best Practical Environmental Option.

- выборе наиболее целесообразного варианта обращения с отходами, которые будут произведены в ходе выполнения работ по выводу из эксплуатации и очистке загрязненных территорий.

Основные вопросы по проекту были занесены в итоговый опросный лист, а ответы, полученные от участников рабочих групп, с их комментариями были опубликованы на официальном сайте УКЕА и в итоговом отчете по первому этапу общественных консультаций.

Основной задачей второго этапа общественных консультаций стало обеспечение наиболее полного учета мнений широкой общественности по данному проекту, а также предоставление ответов на все интересующие местных жителей вопросы. Информацию о проекте население могло почерпнуть из итогового отчета УКЕА по предыдущему этапу общественных консультаций, содержащего краткое описание возможных вариантов реализации проекта в Даунрее, а также выводы участников рабочих групп. Свои пожелания и комментарии по проекту мог выразить любой желающий, заполнив опросный лист, прилагаемый к отчету. Помимо печатной версии отчета, распространяемой среди населения, на сайте УКЕА была доступна для скачивания электронная версия документа. По истечении 12-недельного срока, отведенного на проведение общественных консультаций, мнения и комментарии заинтересованных сторон были проанализированы экспертами. После чего на сайте УКЕА был опубликован полный перечень всех заданных вопросов и высказанных мнений, а также ответов, предоставленных специалистами. Мнения заинтересованных сторон в дальнейшем были учтены при выборе ВРЕО и при разработке Общей стратегии проведения работ в Даунрее. Итоговый документ с описанием Общей стратегии был направлен на рассмотрение регулирующему органу. Окончательный вариант плана мероприятий в Даунрее предусматривал проведение работ по ликвидации ядерных объектов на территории площадки, восстановление качества окружающей среды с достижением конечного статуса «промышленной коричневой лужайки». Кроме того, было принято решение о том, что на участке, прилегающем к восточной границе исследовательского комплекса, будет сооружен пункт приповерхностного захоронения НАО и САО.

После оглашения положений стратегии по ликвидации ядерного наследия в Даунрее основное внимание широкой общественности привлек вопрос окончательной изоляции НАО и САО, образующихся в результате проведения работ по выводу из эксплуатации и очистке загрязненных территорий. На этом этапе расхождение интересов различных групп заинтересованных сторон проявилось наиболее ярко. Так, например, интерес жителей графства Камбрия к проекту заметно угас, когда стало очевидно, что пункт захоронения в Дригге не планирует принимать отходы из Даунрея. Так же отреагировали и власти Шетландских островов*, когда стало ясно, что транспортировка отходов по морю осуществляться не будет. В то же время население, проживающее вблизи самой площадки, сразу забеспокоилось о том, как бы пункт захоронения в Даунрее не стал принимать отходы с других площадок. В целом результаты опроса общественного мнения показали, что население положительно восприняло решение оператора о создании пункта захоронения вблизи самой площадки, что исключало необходимость транспортировки отходов на дальние расстояния. Тем не менее жители территорий, непосредственно прилегающих к месту планируемого размещения пункта захоронения, оказались настроены куда более скептически.

*архипелаг на северо-востоке Шотландии.

В ответ на протесты местных жителей в декабре 2005 года руководство площадки объявило о проведении серии информационных встреч, участие в которых мог принять любой желающий без предварительной регистрации. Такие встречи были призваны проинформировать население о предлагаемых планах по созданию пункта захоронения вблизи Даунрея, а операторы площадки могли бы понять предмет озабоченности местных жителей. Как и ожидалось, на этом этапе широкая общественность проявила лишь незначительный интерес к проекту, в то время как население, проживающее в окрестностях площадки, разразилось волной критики в адрес его разработчиков. Ключевыми вопросами, вызывающими озабоченность у местного населения, стали:

- возможный ущерб в результате прекращения традиционной сельскохозяйственной деятельности;
- обеспечение безопасности: слишком большое число людей проживало в непосредственной близости от площадки, предлагаемой для строительства пункта захоронения;
- установка не вписывалась в местный ландшафт;
- возможное принудительное отчуждение частной собственности;
- возможность захоронения в установке отходов с других площадок.

Мнения и замечания, высказанные в ходе заседаний, были учтены разработчиками проекта при определении будущих границ объекта: установка была перенесена ближе к промышленной площадке Даунрея и дальше от границ жилой зоны. Кроме того, проект объекта был несколько изменен с учетом топографии, что позволило лучше вписать установку в местный ландшафт. В феврале 2006 года был инициирован новый этап общественных встреч по обсуждению изменений, внесенных в проект. Большинство людей, пришедших на эти встречи, положительно оценили изменения, принятые разработчиками проекта с учетом опасений, высказанных местными жителями. Конечно, были и те, кто крайне негативно отозвался и о новом проекте. Последним предложили объединиться в инициативную группу Даунрея, участникам которой было предоставлено право слова на последующих общественных встречах с руководством площадки и представителями регулирующих органов.

Оглядываясь назад, разработчики проекта подчеркивают важность регулярного информационного обмена с общественностью. В случае Даунрея наилучшим образом себя зарекомендовали следующие механизмы взаимодействия с общественностью: интернет и почтовая рассылка информационных сообщений, публикация пресс-релизов на сайте оператора, проведение информационных встреч и совещаний по отдельным вопросам, в том числе:

- личных встреч с отдельными представителями местного населения;
- организация экскурсий на площадку в целях наглядной демонстрации безопасности применяемых методов обращения с РАО;
- групповые встречи с участием местных жителей, представителей регулирующих органов и оператора площадки;
- организация презентаций для глав муниципалитетов, групп заинтересованных сторон и персонала площадки.

Работа по обследованию предлагаемой для строительства пункта захоронения площадки была завершена в июле 2008 года. В итоге было решено переместить установку на 50 м севернее изначально предложенного участка, тем самым сдвинув ее дальше от границ жилой зоны. После оглашения данного решения Региональным советом Хайленда (область Шотландии, где расположен Даунрей) было получено 15 писем от представителей местного населения, протестующих против строительства объекта. Вводное совещание по планированию, состоявшееся в январе 2009 года, началось с визита заинтересованных сторон, в том числе и членов инициативной группы, на будущую строительную площадку. Затем разработчиками проекта были сделаны короткие презентации, а местным жителям, выступающим против строительства установки, была предоставлена возможность высказаться. После чего заявка на сооружение пункта захоронения была одобрена регулирующим органом и направлена на рассмотрение в Парламент Шотландии, который впоследствии также вынес положительное решение.

На этапе планирования работ в ходе консультаций, проведенных между инициативной группой Даунрея, NDA и операторами площадки, был согласован пакет льгот для местного населения. В итоге NDA и Dounreay Site Restoration Ltd был учрежден фонд в размере £4 млрд: £1 млрд планировалось выделить до начала строительных работ на площадке, а затем начиная с 2014 года и по 2023 год ежегодно перечислять графствам Кейтнесс и Северный Сатерлендшир по £300 млн. Данные средства поступают на счет местных общественных организаций и могут расходоваться на реализацию проектов, которые бы способствовали «повышению привлекательности графств Кейтнесс и Северный Сатерлендшир как безопасного места для жизни, работы и вложения инвестиций, уделяя особое внимание вопросам защиты окружающей среды, улучшению социального благосостояния, развитию культуры и инфраструктуры» [14].

Опыт Великобритании по взаимодействию с общественностью при реализации проекта по ликвидации ядерного наследия в Даунрее является одним из многочисленных свидетельств того, что вопросы вывода из эксплуатации, очистки загрязненных территорий и повторного использования площадок объектов ядерного наследия должны решаться с учетом мнений всех заинтересованных сторон подобных проектов. Следует помнить, что залогом успеха является открытый диалог с заинтересованными сторонами, когда оператор площадки и разработчики проекта стремятся должным образом учесть потребности, опасения и позиции всех заинтересованных сторон. Еще на ранних этапах следует четко определить задачи проекта, исходя из которых заинтересованные стороны могли бы судить о собственной ответственности и роли в принятии решений. Поддержание тесных контактов с местными жителями, открытого диалога с регулирующими органами, представителями органов власти, операторами площадки и разработчиками способно ускорить процесс утверждения проектов и повысить общий уровень поддержки принимаемых решений. Анализ зарубежного опыта показывает, что вопросы, вызывающие обеспокоенность у местного населения при реализации программ по ликвидации объектов ядерного наследия, идентичны практически во всех странах. Однако, стремясь перенять положительный опыт, не следует забывать о том, что механизмы взаимодействия с общественностью зарекомендовавшие себя с наилучшей стороны в одной стране могут оказаться менее эффективными в другой в виду имеющихся социальных, культурных, исторических, политических, экономических и иных различий.

Список литературы к главе 5

1. An Overview of Stakeholder Involvement in Decommissioning, Technical Report, IAEA Nuclear Energy Series No NW-T-2.5, IAEA, Vienna, 2009.
2. Aberdeen Press and Journal, Creating Jobs is Key Issue - Aberdeen Press and Journal, 2007.
3. UKAEA, Press Release: Nuclear Cleanup Funding to Help Community Pioneer Renewable Energy, Dounreay, 2006.
4. 'Fluor' to Give GBP 30,000 to Good Cumbrian Causes, Business Wire, 2007. Режим доступа: <http://newsroom.fluor.com/press-release/archive/fluor-give-gbp-30000-good-cumbrian-causes> , Свободный. – Загл. С экрана. – Яз. англ..
5. Stakeholder involvement in the decommissioning of Dounreay, N. Harrision, J. Love, M. Muurray, WPDD Meeting, Brussels, 2005 (available from OECD/NEA, Paris).
6. Environmental Remediation and Restoration of Contaminated Nuclear and NORM Sites, Leo van Velzen, Woolhead Publishing Series in Energy: Number 71, 2015.
7. Communication and Stakeholder Involvement in Environmental Remediation Projects, IAEA Nuclear Energy Series No NW-T-3.5, IAEA, Vienna, 2014.
8. An Evaluation of DOE-EM Public Participation Programs, J. A. Bradbury, K. M. Branch, E. L. Malone, Pacific Northwest National Laboratory, Final Report, February 2003.
9. Hanford Public Involvement Plan, Hanford Federal Facility Agreement and Consent Order, Hanford, 2012.
10. Hanford Federal Facility Agreement and Consent Order by Washington State Department of Ecology, United States Environmental Protection Agency, United States Department of Energy As Amended through November 3, 2015.
11. Hanford Site Environmental Report for Calendar Year 1994, R.L. Dirkes, R.W. Hanf, U.S. Department of Energy, June 1995.
12. Stakeholder Involvement in the Decommissioning of Dounreay, Norman Harrisson, June Love, Marc Murray, NEA/RWM/WPDD (2006)5, NEA/OECD, 2006.
13. Nuclear Decommissioning. Planning, Execution and International Experience, Michele Laria, Woolhead Publishing Limited, 2012.
14. Low Level Waste Disposal Facility – Caithness and North Sutherland Communities Fund, Case Study no 7, NuLeAF (Nuclear Legacy Advisory Forum), July 2009.

Заключение

Представленный в монографии обзор программ ликвидации ядерного наследия в США, Великобритании, Франции и Канаде наглядно демонстрирует некоторую общность подходов, которые позволили этим странам запустить соответствующие проекты, добиться за последние годы существенного прогресса в их реализации и решить ряд чрезвычайно сложных задач в области восстановления качества окружающей среды, которые когда-то казались невыполнимыми.

Несомненно, наибольших успехов удалось достигнуть США, где с 1989 года реализуется самая масштабная и дорогостоящая программа по ликвидации ядерного наследия в мире. Объемы наследия Великобритании уступают американским, но и здесь была разработана и запущена масштабная программа по ликвидации объектов ядерного наследия, рассчитанная на длительную перспективу. Во Франции и в Канаде ситуация обстоит несколько иначе, однако и масштаб проблем, связанных с ликвидацией ядерного наследия, в этих странах намного меньше. Анализ опыта зарубежных стран, прежде всего США и Великобритании, позволил выделить несколько принципиально важных моментов и особенностей, в целом определяющих организацию работ по наследию.

Во-первых, объемы и компоненты ядерного наследия достаточно четко определены. При этом в США к ядерному наследию относятся РАО, установки, площадки, материалы, которые в прошлом использовались для производства ядерного оружия. В Великобритании – все площадки и установки, использовавшиеся в рамках государственных научно-исследовательских программ, и образовавшиеся в ходе их деятельности материалы и отходы. Причем все эти объекты относятся к гражданскому сектору, либо использовались в прошлом как объекты двойного назначения. В Канаде ядерное наследие включает научно-исследовательские объекты, расположенные на территории двух лабораторных комплексов Уайтшелл и Чок Ривер, а также три остановленных реактора-прототипа в провинциях Онтарио и Квебек. Работы по этим объектам проводятся в рамках специально разработанной программы по ликвидации ядерного наследия (Программы ответственности за ядерное наследие). Во Франции также четко определены объемы и компоненты ядерного наследия, ответственность за реализацию работ по которым распределена между EDF, AREVA и CEA.

Второй принципиально важный момент – нормативно-правовая база, определяющая принципы и режим разграничения ответственности за объекты наследия. В этом контексте наиболее интересным примером являются США, где в основу реализуемой деятельности по ликвидации ядерного наследия положено федеральное природоохранное законодательство, положения которого применимы ко всем объектам наследия независимо от их собственника.

В этой стране законодательные основы эволюционировали и совершенствовались, постепенно охватив весь объем вопросов, связанных с регулированием деятельности по объектам наследия (более подробно эти изменения были описаны в § 1.2). Среди всего множества природоохранных законов, утвержденных во второй половине прошлого века в США, ключевыми можно считать три. Первый – Закон о реорганизации в области энергетики (Energy Reorganization Act, ERA), принятый в 1974 году и позволивший устранить конфликт интересов внутри АЕС (Комиссии по атомной энергии США): до этого полномочия по разработке ядерных технологий и регулированию вопросов их использования в целях обеспечения безопасности, защиты человека и окружающей сре-

ды в США были закреплены за одним агентством. Так была учреждена Комиссия по ядерному регулированию (NRC) – независимый регулирующий орган, на который была возложена ответственность по контролю и надзору за соблюдением требований безопасности и защиты здоровья человека и окружающей среды на гражданских ядерных установках и при осуществлении деятельности по обращению с образующимися на таких объектах отходами. На второй орган – Управление по исследованиям и разработкам в области энергетики (Energy Research and Development Administration, ERDA) – была возложена ответственность за производство ядерного оружия, а также проведение любых ядерных НИОКР, в том числе в области ядерно-топливных технологий. В 1977 году ERDA было переименовано в Министерство энергетики (DOE), в ведение которого были переданы площадки оборонного комплекса и деятельность по исследованиям и разработкам в области мирного атома.

Законодательную основу для запуска масштабной программы по очистке загрязненных территорий в США обеспечили два федеральных закона – Закон о сохранении и восстановлении ресурсов (RCRA) и Закон о Суперфонде (CERCLA) (см. § 1.2.). Однако даже после их принятия вопрос относительно регулирования деятельности по обращению с РАО, находящимися в ведении DOE, не был решен полностью. До сих пор оставалось неясно: распространяются ли положения RCRA и CERCLA на деятельность Министерства энергетики США? Ведь DOE является федеральным агентством, а значит, против него судопроизводство может быть начато только по требованию Конгресса США. Эта проблема была решена благодаря принятию двух новых законов: Закона о продлении срока действия и внесении поправок в программу Суперфонда (Superfund Amendments and Reauthorization Act (SARA)), вступившего в силу в 1986 году, и Закона о соответствии федеральных объектов нормативным требованиям (Federal Facility Compliance Act, FFCA). Эти законы позволили распространить требования RCRA и CERCLA на установки, находящиеся в ведении DOE и других федеральных органов власти. Кроме того, FFCA позволил внедрить особый механизм, позволивший закрепить ответственность DOE за реабилитацию площадок со смешанным (химическим и радиоактивным) загрязнением.

В Великобритании в соответствии с положениями Закона об энергии (Energy Act), вступившего в силу в 2004 году, было учреждено Управление по выводу из эксплуатации ядерных объектов (NDA) – национальный оператор по ядерному наследию, ответственный за полный цикл работ по выводу из эксплуатации и реабилитации загрязненных территорий. В США роль национального оператора по ядерному наследию играет Экологическое управление – структурное подразделение при Министерстве энергетики США, которое непосредственно отвечает за выполнение работ по наследию.

В Великобритании национальный оператор по ядерному наследию NDA обязан каждые пять лет публиковать обновленную версию стратегического мастер-плана по решению проблем ядерного наследия. Последняя его редакция вышла весной 2016 года. Разработанная NDA программа рассчитана на долгосрочную перспективу (работы на объектах, включенных в программу, планируется завершить к 2120 году) и объединяет весь комплекс работ по направлениям и на отдельных площадках в увязке с временным графиком и этапами работ. Аналогичная ситуация складывается и в США, где завершение программы по ядерному наследию намечено на 2060 г. При этом и в США, и в Великобритании выполнены оценки финансовых затрат, связанных с программами наследия в целом и по отдельным объектам, которые периодически уточняются. Общая сумма

обязательств DOE оценивается в размере около 370 млрд долларов, в Великобритании стоимость работ, включенных в программу, оценивается в 115 млрд фунтов.

Следует также отметить, что DOE и NDA непосредственно не ведут работы на площадках. У каждой площадки есть оператор, выполнением работ занимаются подрядчики, которые могут представлять собой как независимые частные, так и находящиеся в государственной собственности компании. В свою очередь, основные функции DOE и NDA заключаются в стратегическом планировании программ по наследию, организации и мониторингу ведения работ, экспертной и технической поддержке, а также управлению финансированием различных проектов, включенных в программы.

Подводя итог всему вышесказанному, можно выделить пять ключевых элементов организации работ по ядерному наследию в странах, реализующих наиболее масштабные программы в этой области (США и Великобритания): четкие оценки объемов и компонентов ядерного наследия; нормативно-правовая база, определяющая принципы и режим разграничения ответственности за объекты наследия; наличие специальной организации (национального оператора), ответственной за выполнение полного цикла работ по выводу из эксплуатации и реабилитации на объектах ядерного наследия; разработка долгосрочных программ по наследию, объединяющих весь комплекс работ по направлениям и на отдельных площадках в увязке с временным графиком и этапами работ; наличие достаточно точных оценок финансовых затрат, связанных с программами наследия в целом и по отдельным объектам, подлежащих периодическому уточнению.

Таковы общие принципы организации работ по ядерному наследию за рубежом. Теперь вкратце рассмотрим результаты реализации программ по ядерному наследию, достигнутые к настоящему времени в США, Великобритании, Франции и Канаде, а также наиболее сложные и актуальные задачи, которые предстоит решить этим странам в ближайшей перспективе.

За последние 28 лет, прошедшие с момента запуска программы по ликвидации ядерного наследия в США, DOE удалось достигнуть значительного прогресса в решении поставленных задач: на сегодняшний день из 110 площадок, изначально включенных в программу, работы полностью завершены на 94, причем многие из них относятся к категории сложных, где работы приходилось вести одновременно по большому числу объектов. Среди таких площадок бывшие ядерные комплексы Роки Флетс, Фернлад и Маунд Сайт – их территории на сегодняшний день полностью реабилитированы и используются по иному целевому назначению.

Значительных успехов удалось достигнуть и по самым сложным объектам ядерного оружейного комплекса США: Хэнфорду, Саванна Ривер, Ок-Риджу и Лос-Аламосу. Так, например, следующие цифры по Хэнфорду наглядно отражают колоссальный прогресс, достигнутый за последние десятилетия: по площади реабилитировано и очищено от загрязнения 86 % земель; обеспечено безопасное долгосрочное хранение 2 300 тонн ОЯТ (весь объем ОЯТ был перемещен в построенный на площадке пункт сухого хранения); 20 тонн плутония приведено в стабильное состояние и вывезено с территории площадки; из 1 021 площадки комплекса, содержавшей отходы, реабилитировано 973; осуществлен снос 82 % зданий и сооружений (428 из 521); объем удаленного с территории комплекса загрязненного грунта и строительного мусора от проведения работ по выводу из эксплуатации и очистке загрязненных территорий составил порядка 17,7 млн тонн; 6 промышленных реакторов законсервировано (приведено в состояние «долгосрочного сохранения под наблюдением» или SAFSTOR), один реактор находится в про-

цессе консервации и еще один будет законсервирован в ближайшие годы; с помощью специальных систем и установок, действующих на территории комплекса, очищено около 56 млрд л грунтовых вод, ареал загрязнения которых простирается на площадь порядка 26 000 га (общий вес удаленных загрязняющих веществ составил 267 тонн); 7,6 млн литров высокоактивного шлама перекачено из стареющих однослойных резервуаров-хранилищ в двухслойные, операции по извлечению ВАО завершены в 15 таких однослойных резервуарах.

За последние годы Хэнфорд стал местом осуществления двух крупных строительных проектов. Один из них – сооружение комплекса по переработке ЖПО (Waste Treatment Plant) стоимостью 12,3 млрд долларов, предназначенного для остекловывания отходов, хранящихся в емкостях резервуарных парков, планируется завершить в 2020 году. Второй проект – расширение действующего с 1996 года пункта централизованного захоронения ТРО (Environmental Restoration Disposal Facility, ERDF), образующихся в результате ликвидации объектов ядерного наследия на территории комплекса, а также ТРО, извлеченных из старых могильников.

В ближайшие десятилетия Министерство энергетики продолжит тратить миллиарды долларов на характеризацию и оценку загрязненных территорий, а также на разработку, проектирование, сооружение, эксплуатацию, техническое обслуживание и мониторинг систем по очистке загрязненных компонентов окружающей среды. Между тем DOE проводит непрерывную работу, направленную на оптимизацию и повышение эффективности процесса принятия решений. Результаты обобщения многолетнего опыта в этой области свидетельствуют о том, что наличие значительных неопределенностей, в особенности в случае реабилитации больших и сложных площадок со множеством источников загрязнения, требует применения более гибких и итеративных подходов, способствующих минимизации неопределенностей, повышению эффективности работ и снижению затрат. Именно наличие неопределенностей, зачастую приводящих к срыву установленных сроков окончания работ, сыграло роль основного стимула при разработке особых механизмов (стратегия реинвестирования, использование концептуальной модели площадки для обоснования решений по площадке и отдельным объектам и т. п.), которые, с одной стороны, позволили бы систематически пересматривать изначально установленные цели проведения работ, а, с другой стороны, непрерывно внедрять все новые и более совершенные методики и технологии.

NDA, национальному оператору по ядерному наследию Великобритании, в ближайшем десятилетии только предстоит осуществить самые масштабные проекты в данной области. Одним из таких направлений работ станет осуществление мероприятий по консервации флота реакторов МАГНОКС – приведение всех 12 реакторов в состояние «безопасного сохранения под наблюдением» (SAFSTOR) планируется завершить к 2028 году. Второе направление работ – это ликвидация объектов ядерного наследия в Селлафилде. В 2020 году все контракты по переработке ОЯТ на установках комплекса будут выполнены, что должно ознаменовать переход к запуску полномасштабных проектов по очистке всей территории Селлафилда, которые планируется завершить к 2120 году. Всего на реализацию работ по реабилитации территории комплекса Селлафилд планируется потратить более 67 млрд фунтов.

Эта цифра примерно сопоставима с объемами финансовых обязательств по государственной программе по выводу из эксплуатации ядерных объектов во Франции (в том числе промышленных уран-графитовых реакторов, ядерных установок научно-ис-

следовательских учреждений и ЯТЦ), которые в 2012 году оценивались на уровне порядка 80 млрд евро. Наиболее затратными проектами в этой области являются проекты по выводу из эксплуатации и ликвидации шести промышленных уран-графитовых реакторов: все шесть установок планируется вывести из эксплуатации до конца 2030-х годов. Однако своевременное осуществление данной программы во многом зависит от успеха реализации проекта по созданию пункта захоронения долгоживущих НАО. В данной установке планируется окончательно изолировать в том числе и графит-содержащие РАО. В ходе первой кампании по поиску участка для строительства подобного объекта в 2008 году найти подходящую площадку не удалось.

На данный момент проводятся НИОКР и запущена вторая кампания по поиску площадки. Поэтому, несмотря на имеющиеся успехи в разработке концепции, построить пункт захоронения в срок вряд ли удастся. По этой причине в ближайшее время регулирующий орган собирается проанализировать концепцию вывода из эксплуатации установок EDF и принять решение о возможном пересмотре сроков реализации программы по выводу из эксплуатации уран-графитовых реакторов.

В Канаде большая часть работ по ликвидации объектов ядерного наследия реализуется в рамках так называемой Программы ответственности за ядерное наследие (“Nuclear legacy liabilities program” или NLLP), инициированной в 2006 году. Суммарные затраты на реализацию всех работ, предусмотренных NLLP в течение следующих 70 лет, составят порядка 7,4 млрд долларов. С точки зрения финансовых затрат 70 % работ, запланированных в рамках NLLP, приходится на Лаборатории Чок Ривер в провинции Онтарио, еще 20 % – на Лаборатории Уайтшелл в Манитобе, а остальные 10% – это затраты на ликвидацию трех остановленных реакторов-прототипов в провинциях Онтарио и Квебек, которые на данный момент находятся в состоянии консервации (SAFSTOR).

Помимо объектов, включенных в программу NLLP, одним из приоритетных направлений работ по ядерному наследию в Канаде является обращение с так называемыми «историческими РАО». 90% всего объема исторических отходов приходится на район Порт Хоуп в провинции Онтарио, где в 1930–1950-х гг. функционировали предприятия по переработке урановых руд. Данные работы осуществляются в рамках отдельного проекта «Инициативы Порт Хоуп», предусматривающего проведение мероприятий по очистке загрязненных территорий, сооружение установок по обращению с РАО и пунктов долгосрочного хранения, а также мониторинг состояния окружающей среды.

Отдельная глава монографии посвящена вопросу взаимодействия с общественностью при осуществлении проектов по выводу из эксплуатации, очистке загрязненных территорий и повторному использованию площадок объектов ядерного наследия. Опыт зарубежных коллег свидетельствует о том, что такие вопросы должны решаться с учетом мнений всех заинтересованных сторон подобных проектов. При этом поддержание тесных контактов с местными жителями, открытого диалога с регулирующими органами, представителями органов власти, операторами площадки и разработчиками способно ускорить процесс утверждения проектов и повысить общий уровень поддержки принимаемых решений. Зачастую залогом успеха при реализации подобных проектов оказывается открытый диалог с заинтересованными сторонами, когда оператор площадки и разработчики проекта стремятся должным образом учесть потребности, опасения и позиции всех заинтересованных сторон: еще на ранних этапах следует четко определить

задачи проекта, исходя из которых заинтересованные стороны могли бы судить о собственной ответственности и роли в принятии решений.

Анализ зарубежного опыта показывает, что вопросы, вызывающие обеспокоенность у местного населения при реализации программ по ликвидации объектов ядерного наследия, идентичны практически во всех странах. Однако стремясь перенять положительный опыт, не следует забывать о том, что механизмы взаимодействия с общественностью, зарекомендовавшие себя с наилучшей стороны в одной стране, могут оказаться менее эффективными в другой в виду имеющихся социальных, культурных, исторических, политических, экономических и иных различий.

